

**IDENTIFIKASI STABILITAS TANAH MENGGUNAKAN METODE
GEOLISTRIK SEBAGAI DATA DUKUNG GEOTEKNIK DESA
SAMBONGBANGI, KECAMATAN KRADENAN, KABUPATEN GROBOGAN**



ANDHIKA GANDA PUTRA

M0213005

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Desember 2017**

**IDENTIFIKASI STABILITAS TANAH MENGGUNAKAN METODE
GEOLISTRIK SEBAGAI DATA DUKUNG GEOTEKNIK DESA
SAMBONGBANGI, KECAMATAN KRADENAN, KABUPATEN GROBOGAN**



ANDHIKA GANDA PUTRA

M0213005

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Desember 2017**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul

**Identifikasi Stabilitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Sebagai Data
Dukung Geoteknik Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten
Grobogan**

Oleh

**Andhika Ganda Putra
M0213005**

Telah disetujui oleh

Pembimbing 1

Tanggal

Nama : Budi Legowo, S.Si., M.Si.
NIP . : 19730510 199903 100 2

Pembimbing 2

Tanggal

Nama : Drs. Darmanto, M.Si.
NIP. : 19610614 198803 100 2

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: Identifikasi Stabilitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik
Sebagai Data Dukung Geoteknik Desa Sambongbangi, Kecamatan
Kradenan, Kabupaten Grobogan

Yang ditulis oleh :

Nama : Andhika Ganda Putra

NIM : M0213005

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari :

Tanggal :

Dewan Penguji:

1. Ketua Penguji

Sorja Koesuma, S.Si., M.Si.

NIP. 19720801 200003 100 1

.....

2. Sekretaris Penguji

Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 19690303200003 100 1

.....

3. Anggota Penguji 1

Budi Legowo, S.Si., M.Si.

NIP. 19730510 199903 100 2

.....

4. Anggota Penguji 2

Drs. Darmanto, M.Si.

NIP. 19610614 198803 100 2

.....

Disahkan pada tanggal

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si.

NIP. 19721013 200003 100 2

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul “**Identifikasi Stabilitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Sebagai Data Dukung Geoteknik Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan**” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau diphotocopy secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.

Surakarta, Desember 2017

Andhika Ganda Putra

HALAMAN MOTTO

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya, dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna, dan sesungguhnya kepada Tuhan-mulah kesudahannya (segala sesuatu)”
(Q.S. An-Najm: 39-42)

“Tidak akan bergeser kedua kaki anak Adam di hari kiamat dari sisi Rabbnya, hingga dia ditanya tentang lima perkara, (yaitu) **tentang umurnya untuk apa ia habiskan, tentang masa mudanya untuk apa ia gunakan, tentang hartanya darimana ia dapatkan, dan untuk apa (hartanya tersebut) ia belanjakan, serta apa saja ilmu yang telah ia amalkan.**”
(HR. At – Tirmidzi no. 2416)

“Sebagaimana engkau hidup, seperti itulah kesan orang-orang saat kematianmu”
(Anonim)

“Semangatlah! Karena semangatmu menyemangatkan!”
(Mas Ndhika)

“Tidak ada orang baik yang tidak memiliki masa lalu. Dan tidak ada orang jahat yang tidak memiliki masa depan”
(Anonim)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang
Kupersembahkan karya ini kepada:

Ibuku,
Almarhum Ayahku,
Kakak-Kakakku
Teman-teman Fisika 2013
Teman-teman Geofisika UNS
Seluruh Teman-teman FMIPA UNS dan
Semuanya.

Identifikasi Stabilitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Sebagai Data Dukung Geoteknik Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan

Andhika Ganda Putra

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Lempung merupakan salah satu jenis tanah yang umumnya bersifat ekspansif. Tanah ekspansif adalah tanah mudah mengembang dan menyusut akibat perubahan kandungan kadar air di dalam tanah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan struktur lapisan bawah permukaan secara 2D menggunakan metode geolistrik dan mengidentifikasi stabilitas tanah di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan. Untuk data geolistrik dilakukan akuisisi data sebanyak 3 lintasan dengan panjang 500 m dan spasi (a) 25 m. Lalu juga dilakukan pengambilan sampel tanah di 3 titik untuk diuji sifat-sifat fisik tanah di daerah tersebut. Hasil dari inversi 2D menggunakan software res2Dinv menunjukkan bahwa struktur tanah didominasi oleh lempung, lempung pasir dan lanau di ketiga lintasan, khususnya pada kedalaman 0 – 15 m yang umumnya digunakan sebagai tempat pondasi. Sedangkan pengujian sifat-sifat fisik tanah dilakukan meliputi, pengujian analisis butiran dan batas-batas Atterberg. Hasil dari pengujian analisis butiran menunjukkan bahwa tanah sampel 1 tersusun atas lempung sebanyak 23,16 %, lanau sebanyak 47,97 %, dan pasir sebanyak 28,87 %. Lalu tanah pada sampel 2 tersusun atas lempung sebesar 28,27 %, lanau sebanyak 62,95%, dan pasir sebanyak 8,78 %. Dan komposisi tanah pada sampel 3 tersusun atas kerikil sebanyak 0,05 %, lempung sebanyak 20,36 %, lalu komposisi lanau sebanyak 70,44 %, dan pasir sebanyak 9,15 %. Untuk uji batas-batas Atterberg, sampel 1 termasuk ke dalam klasifikasi tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH). Lalu untuk sampel 2 termasuk ke dalam klasifikasi CH. Dan sampel 3 termasuk ke dalam klasifikasi tanah lanau dengan plastisitas tinggi (MH).

Kata Kunci: tanah ekspansif, geolistrik, analisis butiran, batas Atterberg

Identification of Soil Stability Using Geoelectrical Methods as a Geotechnical Data Support in Sambongbangi Village, Kradenan, Grobogan

Andhika Ganda Putra

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sebelas Maret

ABSTRACT

Clay generally has expansive characteristic. Expansive soils can easily expand and shrink that caused by the change of water content in the soil. The aim of this research is mapping the structure of the subsurface soil in 2D using geoelectrical method and identify the soil stability in Sambongbangi Village, Kradenan, Grobogan. For geoelectrical data, there are 3 lines with 500 m in length and space of smallest electrode (a) is 25 m. And then, the sample of the soil at 3 point has been tested the physical properties of soil. The result of 2D inversion using *res2Dinv* shows that the structure of soil is dominated by clays and silt clay, especially at a depth 0 – 15 m that commonly used as a foundation site. The physical properties tests of the soil are include the grain size analysis and Atterberg limits test. The result of grain size analysis shows that the soil of the sample 1 is consists 23,16 % of clay, 47,97 % of silt and 28,87 % of sand. For sample 2 is consists 28,27 % of clay, 62,95% of silt, and 8,78 % of sand. For the last sample, sample 3, is consists 0,05 % of gravel, 20,36 % of clay, and then 70,44 % of silt, and 9,15 % of sand. And for Atterberg limits tests, the soil classification for sample 1 is clay with high plasticity (CH). And then for sample 2, its soil classification is clay with high plasticity (CH). And soil classification for sample 3 is silt with high plasticity (MH).

Keywords : expansive soils, geoelectrical method, grain size, Atterberg limits

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala, sholawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada Rosulullah shallallaahu 'alaihi wa sallam yang telah membimbing umat dari gelapnya jahiliyah menuju terangnya ilmu. Atas berkat rahmat Allah Yang Maha Kuasa penulis dapat menyelesaikan rangkaian penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Stabilitas Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Sebagai Data Dukung Geoteknik Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan”** ini dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Sains di Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta.

Skripsi ini disusun berdasarkan apa yang telah penulis lakukan pada penelitian di Program Studi Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan masukan dari beberapa pihak. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa dari semenjak awal masuk perkuliahan hingga sampai saat ini.
2. Bapak Budi Legowo, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama yang sangat banyak memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dengan sabar dan penuh pengertian dari awal penelitian hingga akhir penulisan skripsi.
3. Bapak Drs. Darmanto. selaku Dosen Pembimbing Pendamping sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dukungan dan arahan kepada penulis dengan sabar.
4. Bapak Darsono, S.Si., M.Si. selaku Dosen Geofisika UNS sekaligus Dosen yang pernah membimbing penulis dalam penulisan skripsi, atas ilmu dan dukungan yang pernah diberikan.
5. Bapak Yusep Muslih P., S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Teknik Sipil UNS sekaligus Dosen yang pernah membimbing penulis dalam penulisan skripsi, atas ilmu dan bimbingan yang pernah diberikan.
6. Bapak Sorja Koesuma, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan masukan untuk penulisan skripsi dan atas ilmu-ilmu yang telah disampaikan kepada penulis.

7. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh Staff di Program Studi Fisika FMIPA UNS yang telah banyak memberikan ilmu tidak ternilai besarnya untuk penulis.
8. Teman-teman Geofisika UNS 2013 (Chiran, Fachrul, Digdyo, Diaz, Fakhri, Agus, Yudi, Luluk, Sinta, Lela, dan Annashr) yang selalu membantu, menemani dan mendukung dalam pengerjaan penelitian ini.
9. Adik-adik Geofisika UNS (Ferdinand, Hamzah, Mufti, Rizama, Singgih dan yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu) yang turut membantu dalam penelitian ini.
10. Teman-Teman EMF 2013 (Brenda, Pupus, Ma'arif, Waskita, Wisnu, Ilham, Itul dan semua yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu) untuk kebersamaan, nasehat, teguran, dan untuk semuanya yang telah kalian berikan.
11. Keluarga KKN Banaran yang memotivasi penulis, mendoakan dan telah menjadi layaknya keluarga untuk penulis.
12. Keluarga Berkarya Surakarta yang telah mengajarkan penulis banyak hal mengenai semangat berbagi dan menebar inspirasi kepada orang lain.
13. Teman-teman asisten Lab. Mekanika Tanah (Akbar, Febri, Elang, Seno, dan Aryo) yang telah banyak membantu penulis selama penulis melakukan pengujian disana.
14. Teman-teman Grup Ho'o/He'em (Bintang dan Trio) yang sudah seperti saudara bagi penulis yang selalu mengingatkan dan berbagi nasehat.
15. Teman-teman "Bismillah Bahagia" (Bangun, Naufal, Salwa, Esti, Hilma) yang menjadi teman hijrah bagi penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.
16. Serta semua pihak yang telah membantu dalam kegiatan dan penyelesaian penulisan laporan ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu, semoga kita semua kembali dipertemukan di Surganya Allah subhanahu wa ta'ala.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini penulis masih sangat jauh dari sempurna karena keterbatasan ilmu yang dimiliki oleh penulis. Maka dari itu, penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun. Dan semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi pembaca.

Surakarta, Desember 2017

Penulis

PUBLIKASI

Sebagian skripsi saya telah dipublikasikan dengan judul “Identification of Groundwater Aquifer by using Geoelectrical Method: Case Study in Pondok Pesantren Darussalam, Kradenan, Grobogan” di “The 4th International Conference on Mathematics, Science, and Education Universitas Negeri Semarang, Indonesia”

Daftar Isi

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
PUBLIKASI.....	xi
Daftar Isi	xii
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Konsep Dasar Resistivitas	4
2.2 Metode Geolistrik.....	5
2.2.1 Potensial Pada Medium Homogen Setengah Bola Tak Berhingga	6
2.2.2 Konfigurasi Wenner-Schlumberger.....	7
2.3 Stabilitas Tanah	9
2.4 Tanah Ekspansif	10
2.5 Uji Struktur Tanah.....	11
2.5.1 Batas Atterberg / Atterberg <i>Limit</i>	11
2.5.2 Uji Analisis Butiran / <i>Grain Size</i>	12

BAB III	15
METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Geolistrik	15
3.2.2 Uji Atterberg limit	16
3.2.3 Uji Analisis Butir / <i>Grain Size</i>	17
3.3 Skema Penelitian	18
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1 Metode Geolistrik	19
3.4.2 Uji Geoteknik.....	20
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Interpretasi Data Geolistrik	25
4.1.1 Lintasan 1.....	25
4.1.2 Lintasan 2.....	27
4.1.3 Lintasan 3.....	28
4.1.4 Interpretasi Distribusi Lempung	29
4.2 Hasil Pengujian Analisis Distribusi Butiran.....	30
4.2.1 Hasil Uji Analisis Butiran Sampel 1	30
4.2.2 Hasil Uji Analisis Butiran Sampel 2.....	31
4.2.3 Hasil Uji Analisis Butiran Sampel 3.....	32
4.3 Hasil Uji Batas-batas Atterberg.....	33
4.3.1 Hasil Uji Batas-batas Atterberg Sampel 1	34
4.3.2 Hasil Uji Batas-batas Atterberg Sampel 2	35
4.3.3 Hasil Uji Batas-batas Atterberg Sampel 3	36
4.4 Hasil Akhir Keseluruhan Penelitian	37
BAB V	39
PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
Lampiran	43
Lampiran 1. Peta Geologi Lokasi Pengambilan Data	43

Lampiran 2. Peta Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah	43
Lampiran 3. Data Lapangan Metode Geolistrik.....	44
Lampiran 4. Data uji pendahuluan sifat-sifat fisis tanah.....	56
Lampiran 5. Data uji inti sifat-sifat fisis tanah.....	59
Lampiran 6. Instrumentasi Alat Pengukuran Geolistrik.....	64
Lampiran 7. Dokumentasi Pengambilan data	67

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Prinsip Pengukuran Geolistrik	6
Gambar 2. 2 Titik arus pada permukaan dengan medium homogen	6
Gambar 2. 3 Konfigurasi Wenner-Schlumberger	7
Gambar 2. 4 Batas-batas Atterberg	11
Gambar 3. 1 Seperangkat alat yang digunakan dalam akuisisi data geolistrik	16
Gambar 3. 2 Satu set alat uji atterberg limit	16
Gambar 3. 3 Satu set alat uji <i>Grain Size</i>	17
Gambar 3. 4. Skema penelitian	18
Gambar 3. 5 Susunan elektroda konfigurasi wenner-schlumberger	19
Gambar 3. 6 Proses pengujian massa jenis tanah	21
Gambar 3.7 Skema uji analisis hidrometer	22
Gambar 4. 1 Lokasi pengambilan data geolistrik dan sampel tanah.....	24
Gambar 4. 2 Hasil inversi 2D pada lintasan 1	26
Gambar 4. 3 Keretakan yang terjadi pada lantai dan dinding pondok pesantren..	27
Gambar 4. 4 Hasil inversi 2D pada lintasan 2	28
Gambar 4. 5 Hasil inversi 2D pada lintasan 3	29
Gambar 4. 6 Grafik diameter butiran tanah terhadap presentase tanah lolos pada sampel 1	31
Gambar 4. 7 Grafik diameter butiran tanah terhadap presentase tanah lolos pada sampel 2	32
Gambar 4. 8 Grafik diameter butiran tanah terhadap presentase tanah lolos pada sampel 3	33
Gambar 4. 9 Sistem klasifikasi <i>Unified Soil Classification System</i>	34
Gambar 4. 10 Grafik Cassagrande sampel 1	35
Gambar 4. 11 Grafik Cassagrande sampel 2.....	36
Gambar 4. 12. Grafik Cassagrande sampel 3.....	37

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Nilai resistivitas dari beberapa jenis batuan	5
Tabel 2. 2 Nilai Perkiraan Dukung Beban Bahan-bahan Pondasi	10
Tabel 2. 3 Hubungan Indeks Plastisitas terhadap Potensi Mengembang.....	12
Tabel 2. 4 Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir.....	12
Tabel 2. 5 Ukuran butir untuk masing-masing nomor saringan	13

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
ρ	= resistivitas	Ωm
J	= rapat arus	A/m^2
E	= medan listrik	N/C
f	= gaya	N
v	= kecepatan	m/s
B	= medan magnet	W/m^2
V	= potensial	V
r_n	= jarak dari elektroda n	m
L	= panjang	m
t	= waktu	s
I	= arus	A
Δ	= selisih	-
C_n	= elektroda arus n	-
P_n	= elektroda potensial n	-
K	= faktor geometri	m
n	= faktor pengali	-
r	= hambatan	Ω
a	= spasi antar elektroda	m
D	= diameter butiran	mm
A	= luas permukaan	m^2
μ	= viskositas fluida	Ns/m^2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut ukuran butirannya, tanah dibagi kedalam 4 jenis, yaitu kerikil, pasir, lanau, dan lempung (Santosa, dkk., 1998). Dalam bidang geoteknik, terutama untuk konstruksi, jenis tanah lempung kurang baik untuk digunakan. Hal itu karena daya dukung lempung yang kurang baik, dan juga pada umumnya lempung bersifat ekspansif, sehingga bangunan yang pondasinya dibangun diatas tanah jenis lempung, akan mudah mengalami kerusakan. (Lestari, 2014).

Lempung ekspansif adalah jenis tanah yang memiliki butiran yang halus berukuran kurang dari 0,02 mm yang terbentuk dari mineral-mineral yang memiliki sifat ekspansif. Akibat mineral tersebut, lempung ini akan memiliki potensi kembang susut yang tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. (Hardiyatmo dalam Bella, Bunganaen, & Sogen, 2015). Tanah ekspansif banyak tersebar di seluruh dunia, dari Argentina dan Venezuela di Amerika Selatan, Mexico, Kanada, Amerika Serikat dan Kuba di Amerika Utara, Spanyol dan Turki di Eropa, lalu ada Iran, Burma dan India di Asia, Australia, bahkan di Afrika ada beberapa negara yang memiliki masalah dengan tanah ekspansif seperti Ethiopia dan Ghana (Chen, 1975).

Tanah ekspansif ini adalah salah satu sumber kerusakan infrastruktur dan bangunan, sehingga mengakibatkan kerugian ekonomi yang cukup besar, dan juga menimbulkan resiko yang sama besarnya untuk masyarakat (Seco, Ramírez, Miqueleiz, & García, 2011). Contohnya pada penelitian Bella, Bunganaen, dan Sogen pada tahun 2015 di salah satu desa di Kupang, enam rumah mengalami kerusakan akibat dari tanah yang bersifat ekspansif.

Penelitian dilakukan di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Secara geologi, Kabupaten Grobogan merupakan daerah yang tersusun atas alluvium, yaitu kerakal, kerikil, pasir dan lempung (Lampiran 1.). Bangunan di daerah tersebut sering ditemui lantai yang retak dan menggembung ke atas. Menurut (Yuliet, dkk, 2011), kejadian tersebut

merupakan salah satu akibat pengembangan dan penyusutan tanah, yang ditandai dengan kenaikan dan retak-retak pada pengerasan jalan raya dan juga kenaikan dan pecah atau jebol pada lantai dasar dan bendungan. Surat pada tahun 2011 melakukan penelitian mengenai kerusakan ruas jalan Purwodadi – Blora, Kabupaten Grobogan akibat pengembangan tanah dasar. Hasil dari penelitiannya menyebutkan bahwa ruas jalan Purwodadi – Blora memiliki potensi pengembangan yang masuk dalam kategori tinggi sampai sangat tinggi dan termasuk ke dalam klasifikasi tanah lempung lanauan dengan plastisitas tinggi (Surat, 2011).

Dari permasalahan-permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui distribusi lempung di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan menggunakan metode geolistrik, dan juga akan dilakukan pengujian sampel tanah untuk mengetahui sifat-sifat fisis tanah di daerah tersebut. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai data dukung geoteknik untuk pembangunan di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.

1.2 Batasan Masalah

Penelitian dilakukan di area Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan. Penelitian ini meliputi akuisisi data geolistrik dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger, uji analisis butiran dan uji batas-batas Atterberg. Pengolahan data geolistrik dilakukan secara 2 dimensi (2D) menggunakan *software* Res2Dinv. Untuk uji analisis butiran dan uji batas-batas Atterberg dibatasi hanya sampai memperoleh hasil dari masing-masing uji, yaitu jenis dan karakterisasi sampel tanah.

1.3 Perumusan Masalah

- a. Bagaimana distribusi lempung di Desa Sambongbangi berdasarkan hasil pengolahan *software res2Dinv*?
- b. Bagaimana stabilitas tanah di Desa Sambongbangi berdasarkan hasil uji analisis saringan dan batas-batas Atterberg?

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Mengidentifikasi distribusi lempung di Desa Sambongbangi berdasarkan hasil dari pengolahan data *res2Dinv*
- b. Mendeskripsikan stabilitas tanah di Desa Sambongbangi berdasarkan hasil uji analisis saringan dan batas-batas Atterberg

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai data dukung geoteknik dan juga upaya mitigasi di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Resistivitas

Survei geolistrik bertujuan untuk menentukan distribusi resistivitas lapisan bawah permukaan. Resistivitas lapisan bawah permukaan berhubungan oleh parameter-parameter geologi seperti, kandungan mineral dan fluida, porositas batuan, dan derajat kejenuhan air di dalam batuan (Loke, 1999). Semakin tinggi nilai porositas dari batuan jenuh dan tingkat salinitas dari fluida yang jenuh, maka akan semakin rendah nilai resistivitasnya (Zohdy, 1974).

Seperti yang telah diketahui bahwa hambatan R pada suatu bahan penghantar berhubungan dengan resistivitas listriknya (ρ), dimana keduanya berbanding lurus dan hambatan tersebut juga berbanding lurus dengan panjang dari bahan tersebut L , serta berbanding terbalik dengan luas penampangnya, yang ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\begin{aligned} R &\propto \frac{L}{A} \\ R &= \rho \frac{L}{A} \\ \rho &= \frac{A}{L} R \end{aligned} \tag{2.1}$$

Berdasarkan hukum Ohm berikut:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \tag{2.2}$$

dimana ΔV adalah beda potensial dan I merupakan arus yang mengalir di dalam penghantar. Sehingga dari persamaan (2.1), menjadi:

$$\rho = \frac{A}{L} \frac{\Delta V}{I} \tag{2.3}$$

persamaan (2.3) adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai dari resistivitas ρ pada medium homogen isotropik. Pada medium *semi-infinite*, nilai resistivitas pada setiap titik dapat ditentukan. Jika diambil sebagian kecil dari luas penampang medium *semi-infinite*, maka nilai resistivitasnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\lim_{L \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta V}{L} \right)}{\lim_{A \rightarrow 0} \left(\frac{I}{A} \right)} \quad (2.4)$$

Atau,

$$\rho = \frac{E_L}{J} \quad (2.5)$$

dimana E_L merupakan medan listrik yang mengalir di sepanjang medium dan J adalah rapat arusnya. Bentuk umum dari persamaan (2.5) dapat ditulis:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (2.6)$$

Persamaan (2.6) adalah hukum Ohm dalam bentuk diferensial vektornya (Zohdy, 1974). Nilai resistivitas dari beberapa jenis batuan ditunjukkan oleh tabel 2.1.

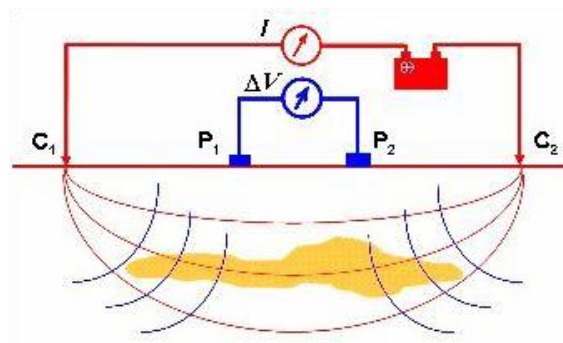
Tabel 2. 1 Nilai resistivitas dari beberapa jenis batuan (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990).

Jenis Batuan	Nilai Resistivitas (Ohm.m)
Lempung	1-100
Lanau	10 - 200
Batu Lumpur	3 – 70
Batu Pasir	50 – 500
Batu Kapur	100 – 500
Lava	$10^2 - 5 \times 10^4$
Air Tanah	0.5 – 300
Air Asin	0.2
Breksi	75 – 200
Andesit	100 – 200
Tufa Vulkanik	20 – 100
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Kuarsa	$10 - 2 \times 10^8$

2.2 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode survei geofisika aktif, dimana metode ini menggunakan sumber arus yang di alirkan ke bawah permukaan

tanah melalui elektroda dan diukur respon beda potensial disekitar arus tersebut. Metode resistivitas ini lebih unggul, setidaknya secara teori untuk semua metode listrik yang lain, karena hasil kuantitatif diperoleh dengan menggunakan sumber yang dikendalikan (Telford et al., 1990). Metode geolistrik-resistivitas ini prinsipnya adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke bawah permukaan tanah menggunakan elektroda arus, lalu didapatkan nilai beda potensial melalui elektroda potensial. Dengan data arus dan beda potensial tersebut diperoleh nilai resistivitas listrik di bawah lapisan permukaan (Santoso, 2002).

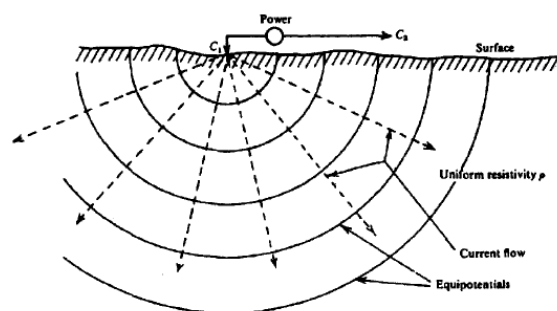


Gambar 2. 1 Prinsip Pengukuran Geolistrik (Bakrie dalam Murti, 2009)

2.2.1 Potensial Pada Medium Homogen Setengah Bola Tak Berhingga

Bila arus yang mengalir pada suatu elektroda adalah I pada luasan tertentu, maka penjalaran arus tersebut dari titik pusat elektroda akan membentuk permukaan equipotensial dengan bentuk setengah bola, yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2. Sehingga medan listrik yang diakibatkan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E = -\frac{dV}{dr}r \quad (2.7)$$



Gambar 2. 2 Titik arus pada permukaan dengan medium homogen
(Telford, Geldart & Sheriff, 1990)

Nilai rapat arus yang membentuk luar permukaan bola adalah:

$$J = \frac{I}{2\pi r^2} \quad (2.8)$$

$$I = 2\pi r^2 J \quad (2.9)$$

Persamaan (2.6) dan (2.7) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.9), sehingga persamaan (2.9) menjadi:

$$I = 2\pi r^2 \frac{E}{\rho} \quad (2.10)$$

$$I = 2\pi r^2 \frac{1}{\rho} \left(-\frac{dV}{dr} \right) \quad (2.11)$$

$$-\frac{dV}{dr} = \frac{I\rho}{2\pi r^2} \quad (2.12)$$

$$\int_0^V dV = -\frac{I\rho}{2\pi} \int_0^r \frac{1}{r^2} dr \quad (2.13)$$

Sehingga diperoleh persamaan:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} + C \quad (2.14)$$

Dimana C adalah konstanta hasil dari integral. Ketika nilai $r \rightarrow \infty$, maka nilai

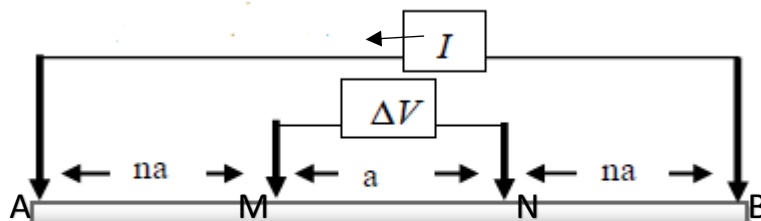
$V = 0$ dan $B = 0$, sehingga persamaan (2.14) menjadi:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.15)$$

(Telford, Geldart & Sheriff, 1990)

2.2.2 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi Wenner-Schlumberger merupakan kombinasi dari konfigurasi Wenner dan konfigurasi Schlumberger. Jadi Wenner-Schlumberger adalah konfigurasi Schlumberger yang memiliki titik *sounding* yang dapat berpindah-pindah (Loke, 1999). Wenner-Schlumberger memiliki sensitivitas yang cukup baik, baik horisontal, maupun vertikal (Ravindran dan Prabhu, 2012).



Gambar 2. 3 Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Utiya, As'ari, Tongkukut, 2015)

Untuk nilai masing beda potensial (M dan N) pada konfigurasi ini yang dipengaruhi oleh titik A, dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$V_{AM} = \frac{I\rho}{2\pi r_{AM}} \quad (2.16)$$

$$V_{AN} = \frac{I\rho}{2\pi r_{AN}} \quad (2.17)$$

Sedangkan nilai beda potensial M dan N yang dipengaruhi oleh titik B, analog dengan dua persamaan di atas. Dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_{MB} = \frac{I\rho}{2\pi r_{MB}} \quad (2.18)$$

$$V_{NB} = \frac{I\rho}{2\pi r_{NB}} \quad (2.19)$$

Nilai dari total arus merupakan penjumlahan dari keduanya, akan tetapi arahnya berlawanan, sehingga potensial pada titik M menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$V_{AM} + V_{MB} = \frac{I\rho}{2\pi r_{AM}} + \left(-\frac{I\rho}{2\pi r_{MB}}\right)$$

$$V_{AM} + V_{MB} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{MB}}\right) = V_M \quad (2.20)$$

Analog untuk titik N, persamaannya sebagai berikut:

$$V_{AN} + V_{NB} = \frac{I\rho}{2\pi r_{AN}} + \left(-\frac{I\rho}{2\pi r_{NB}}\right)$$

$$V_{AN} + V_{NB} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{NB}}\right) = V_N \quad (2.21)$$

Sehingga nilai beda potensial antara titik M dan N dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi r} \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{MB}}\right) - \frac{I\rho}{2\pi r} \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{NB}}\right) \quad (2.22)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{MB}}\right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{NB}}\right)\right] \quad (2.23)$$

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{MB}}\right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{NB}}\right)\right]^{-1} \quad (2.24)$$

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} K \quad (2.25)$$

Persamaan (2.25) adalah persamaan untuk nilai resistivitas semu.

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{MB}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{NB}} \right) \right]^{-1} \quad (2.26)$$

Nilai K adalah faktor geometri yang besarnya bergantung pada jarak antar elektroda saat akuisisi data di lapangan dan berbeda untuk setiap konfigurasi. Untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger, nilai K adalah sebagai berikut:

$$\left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{MB}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{NB}} \right) = \left(\frac{1}{na} - \frac{1}{(n+1)a} \right) - \left(\frac{1}{(n+1)a} - \frac{1}{na} \right) = \frac{2}{n(na+a)}$$

$$K = 2\pi \left(\frac{2}{n(na+a)} \right)^{-1} \quad (2.27)$$

$$K = \pi n(n+1)a \quad (2.28)$$

Persamaan (2.28) adalah nilai faktor geometri untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger, sehingga jika persamaan (2.28) disubstitusikan ke persamaan (2.25), didapatkan nilai resistivitas semu untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger seperti berikut:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} (\pi n(n+1)a) \quad (2.29)$$

2.3 Stabilitas Tanah

Stabilitas tanah didefinisikan sebagai kemampuan suatu tanah dalam mempertahankan sifat-sifat teknisnya dalam berbagai kondisi yang dapat terjadi selama umur berdirinya suatu bangunan. Ada beberapa jenis tanah yang termasuk tanah-tanah yang stabil, seperti batuan keras, kerikil, pasir dan juga lanau. Sedangkan jenis tanah yang termasuk ke dalam tanah yang tidak stabil adalah lempung, karena jenis tanah ini sangat mudah berubah dimensinya saat kelembaban atau kadar airnya berubah-ubah. Sehingga lempung tidak dapat digunakan tanah dukung untuk bangunan (Allen, 2005).

Tabel 2. 2 Nilai Perkiraan Dukung Beban Bahan-bahan Pondasi (Peraturan Bangunan Nasional BOCA dalam Allen, 2005)

Jenis bahan	Tekanan dukung beban (pounds per square foot (psf))
Lempung, lempung berpasir, lempung berlanau, dan lanau berlempung berlempung	3.000
Pasir, pasir berlanau, pasir berlempung, kerikil berlanau, dan kerikil berlempung	2.000
Kerikil berpasir	5.000
Batuan sedimen	6.000
Batuan dasar kristalin	12.000

2.4 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif atau tanah reaktif adalah tanah yang didominasi oleh lempung yang mengalami perubahan volum yang cukup besar akibat dari berubahnya kadar air tanah tersebut. Perubahan volum ini mengakibatkan tanah akan mengembang saat basah dan akan menyusut ketika dalam kondisi kering (Li, Cameron, & Ren, 2014). Nilai derajat pengembangan ini bergantung oleh beberapa faktor antara lain, tipe dan jumlah mineral yang terkandung pada lempung, luas spesifik lempung, susunan tanah, konsentrasi garam pada air yang ada di dalam pori tanah, valensi kation, sementasi, bahan-bahan organik, dan lain-lain (Hardiyatmo, 2002). Oleh karena itu, metode geolistrik yang bertujuan untuk menentukan distribusi resistivitas lapisan bawah permukaan yang nilainya dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut sangat cocok untuk mengidentifikasi jenis tanah lempung.

Tanah ekspansif dapat diketahui secara langsung dengan ditandai tanah yang pecah-pecah ketika dalam kondisi kering ataupun dengan melakukan uji batas Atterberg. Hal itu disebabkan karena tanah mengalami perubahan volum yang cukup signifikan akibat perubahan kadar air. Tanah ini memiliki nilai indeks plastisitas (IP) lebih dari 30% (A'la, 2017). Tanah ini umumnya tersusun atas lempung yang mengandung mineral. Mineral-mineral yang terkandung di dalam lempung inilah yang membuat tanah bersifat ekspansif. Mineral yang terkandung

pada lempung biasanya adalah dari jenis kaolinite, illinite, dan montmorillonite. Mineral kaolinite tidak bersifat ekspansif, sedangkan illinite dapat bersifat ekspansif, dan montmorillonite sangat bersifat ekspansif. (A'la. 2017)

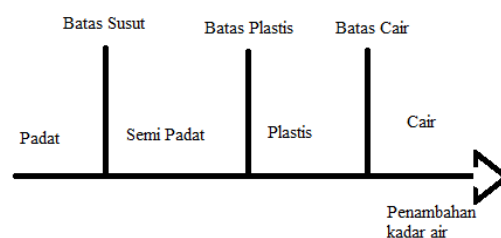
2.5 Uji Struktur Tanah

Ada beberapa kriteria yang menunjukkan bahwa suatu tanah bersifat ekspansif atau tidak. Salah satunya adalah dengan melihat batas cair dan batas plastis tanah tersebut dengan menggunakan uji Atterberg limit (batas Atterberg), dan lain-lain (Forouzan, 2016).

2.5.1 Batas Atterberg / Atterberg Limit

Berdasarkan kadar air yang terkandung di dalam tanah, tanah dibagi ke dalam 4 (empat) fase yaitu, padat, semi padat, plastis, dan cair. Dari keempat fase tersebut, dibatasi oleh batas cair, batas plastis dan batas susut. Batas-batas tersebut bergantung pada besarnya kadar air yang terkandung dalam tanah, dan batas-batas tersebut disebut dengan batas-batas Atterberg atau Atterberg *limit* (Aji, 2012). Berikut adalah batas-batas Atterberg yang membatasi keempat fase tanah:

1. Batas cair / *liquid limit* (LL) adalah kadar air tanah yang berada pada batas antara kondisi cair dan kondisi plastis, atau batas atas pada kondisi plastis. Penentuan batas cair ini biasanya dengan menggunakan alat uji cassagrande.
2. Batas plastis / *Plastic Limit* (PL) adalah kadar air yang berada diantara kondisi semi padat dan plastis yang ditandai dengan tanah yang mulai retak-retak.
3. Batas susut adalah kadar air yang berada pada kondisi antara padat dan semi padat, yang ditandai dengan ketika kadar air menurun, tidak terjadi perubahan pada volum tanah (Hardiyatmo, 2002).



Gambar 2. 4 Batas-batas Atterberg (digambar ulang dari Hardiyatmo, 2002)

Selisih antara batas cair dengan batas plastis disebut dengan indeks plastisitas (IP). Semakin besar nilai indeks plastisitas, maka semakin besar pula kemungkinan tanah tersebut dalam kondisi plastis. Tanah yang memiliki indeks plastisitas tinggi tidak baik untuk konstruksi bangunan. Nilai IP ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$IP = LL - PL \quad (2.30)$$

(Soedarmo & Purnomo, 1993).

Tabel 2. 3 Hubungan Indeks Plastisitas terhadap Potensi Mengembang (Chen, 1975).

Indeks Plastisitas (%)	Potensi Mengembang
0 – 15	Rendah
10 – 35	Sedang
20 – 55	Tinggi
>35	Sangat Tinggi

2.5.2 Uji Analisis Butiran / *Grain Size*

Grain size analysis atau uji analisis butiran adalah pengujian yang bertujuan untuk menentukan jenis tanah berdasarkan ukuran butirnya. Berdasarkan ukuran butirannya, umumnya tanah terbagi dalam 4 jenis, yaitu:

Tabel 2. 4 Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir (Santosa, dkk., 1998)

Jenis tanah	Ukuran butir (mm)
Gravel (kerikil)	>2.00
Sand (pasir)	2.00 – 0.06
Silt (lanau)	0.06 – 0.002
Clay (lempung)	<0.002

Untuk distribusi tanah berbutir kasar, dapat dilakukan penyaringan. Penyaringan ini secara teknis adalah dengan meloloskan tanah ke dalam satu set saringan yang dimana ukuran lubang saringan tersebut semakin kecil secara berurutan. Berdasarkan standar di Amerika Serikat, ukuran saringan dibagi atas nomor-nomor saringan yang ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Ukuran butir untuk masing-masing nomor saringan (Das, Endah, & Mochtar, 1995).

No. Saringan	Ukuran Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,450
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

Sedangkan untuk distribusi tanah yang memiliki butiran yang halus digunakan uji hidrometer. Uji hidrometer ini didasarkan pada hukum Stokes yang berhubungan dengan kecepatan suatu partikel/butiran untuk mengendap dalam larutan suspensi. Butiran yang lebih besar akan mengendap lebih cepat dibandingkan dengan butiran butiran yang lebih halus. Persamaan Stokes ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\mu} D^2 \quad (2.31)$$

Dengan, v adalah kecepatan, γ_s adalah berat volum butiran padat, γ_w adalah berat volum air, μ adalah kekentalan air dan D adalah diameter butiran tanah. Persamaan (2.31) dapat juga ditulis menjadi:

$$D = \sqrt{\frac{18\mu v}{\gamma_s - \gamma_w}}$$

$$D = \sqrt{\frac{18\mu}{\gamma_s - \gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (2.32)$$

$$D = \sqrt{\frac{18\mu}{(G_s - 1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (2.33)$$

Jika D dalam mm, μ dalam (g.det)/cm², γ_w dalam g/cm³, L dalam cm dan t dalam menit, maka:

$$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s - 1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (2.34)$$

Dengan menganggap $\gamma_w = 1$, maka persamaannya menjadi:

$$D = \sqrt{\frac{30\mu}{G_s - 1}} \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (2.35)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2017 sampai dengan bulan November 2017. Penelitian dilakukan di dua tempat. Untuk akuisisi data geolistrik di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Grobogan (Lampiran 2.), dan untuk pengujian sifat-sifat fisis sampel tanah di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

3.2.1 Geolistrik

Alat-alat yang digunakan dalam akuisisi data geolistrik adalah sebagai berikut:

1. Satu set *Resistivitymeter*, OYO model 2119C MCOHM-EL, untuk mengukur resistivitas semu batuan
2. Satu buah *ACCU* 12 Volt, sebagai sumber tegangan
3. Empat buah elektroda, berfungsi untuk mengalirkan arus ke lapisan bawah permukaan
4. Empat buah *hammer*, berfungsi untuk memukul elektroda agar tertancap ke tanah
5. Empat gulung kabel, untuk menghubungkan OYO ke elektroda
6. Dua gulung meteran, sebagai pengukur jarak antar elektroda
7. Satu buah GPS (*Global Positioning System*) Garmin model 60CSX, untuk menandai lokasi akuisisi data
8. Lima buah HT (*Handy Talky*), untuk berkomunikasi saat akuisisi data di lapangan
9. Satu buah payung, untuk menjaga alat utama OYO dari panas dan hujan
10. Seperangkat *toolkit*, untuk menanggulangi jika terjadi *error* di lapangan



Gambar 3. 1 Seperangkat alat yang digunakan dalam akuisisi data geolistrik

3.2.2 Uji Atterberg limit

Pengujian *atterberg limit* ini berdasarkan ASTM D 4318-00, dan alat serta bahan yang digunakan dalam uji ini adalah:

1. Satu set timbangan, untuk mengukur massa cawan dan sampel tanah
2. Satu set *cassagrande*, untuk menentukan kadar air tanah, ditandai dengan banyaknya ketukan
3. Tiga buah cawan untuk masing-masing sampel tanah, untuk wadah saat proses pemanasan
4. Satu buah cawan keramik, untuk tempat mencampurkan sampel tanah kering dengan akuades
5. Satu buah pengaduk, untuk mengaduk sampel tanah dengan akuades
6. Sampel tanah, sebagai bahan uji
7. Akuades, untuk memvariasikan kadar air sampel tanah



Gambar 3. 2 Satu set alat uji atterberg limit

3.2.3 Uji Analisis Butir / *Grain Size*

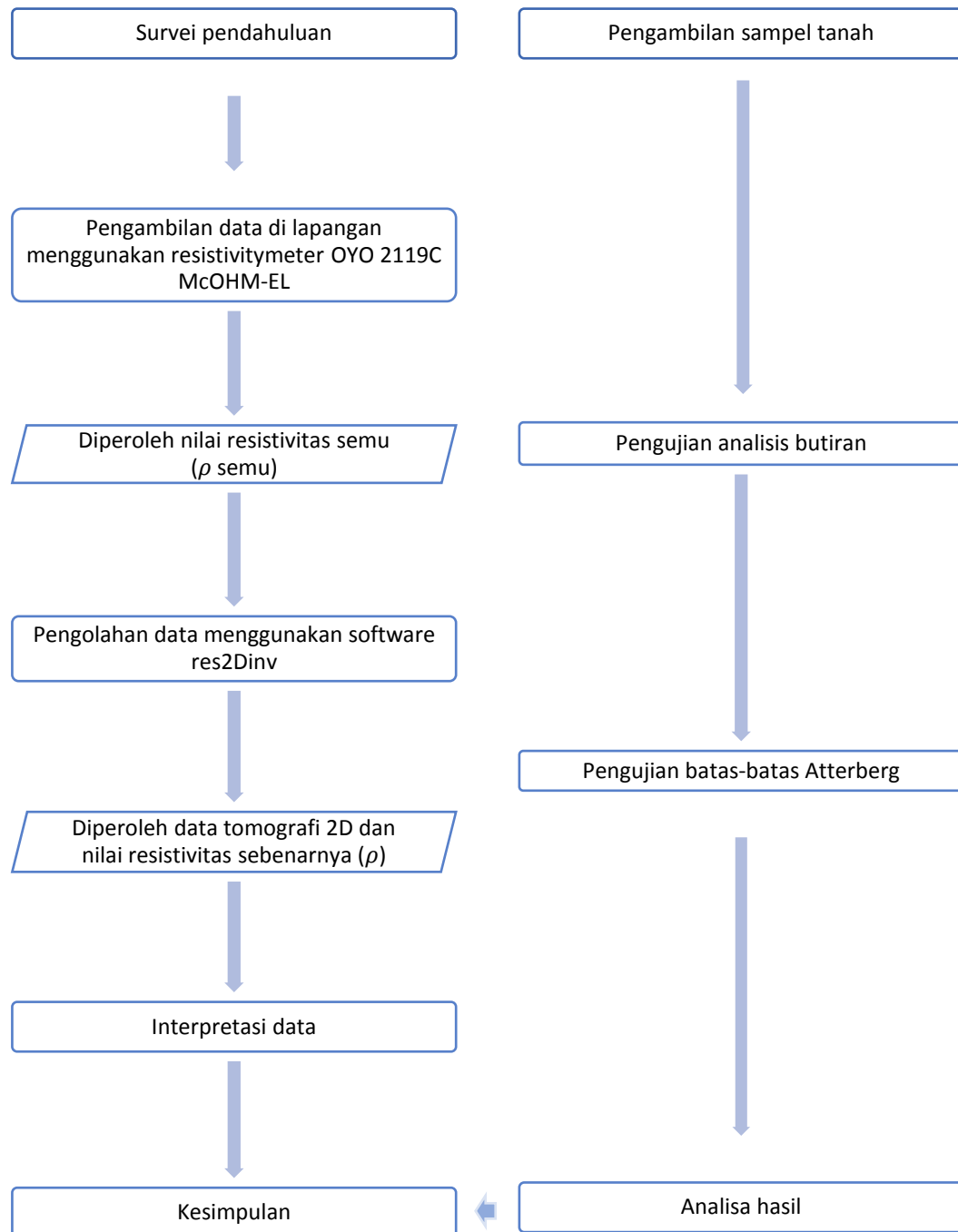
Alat dan bahan yang digunakan dalam uji *grain size* ini adalah:

1. Satu buah gelas ukur 1000 ml, untuk mencampur akuades dan sampel tanah
2. Satu buah pelampung hidrometer, untuk mengukur nilai berat jenis larutan
3. Cawan, untuk tempat memanaskan sampel tanah
4. Satu set neraca, untuk mengukur massa bahan uji
5. Satu buah oven, untuk menghilangkan kadar air pada sampel tanah
6. Stopwatch, untuk mengukur waktu
7. Termometer, untuk mengukur suhu
8. Akuades, sebagai pelarut sampel tanah
9. Sampel tanah, sebagai bahan uji
10. Saringan standar ASTM nomor 4, 8, 16, 20, 40, 80, 100, 120, 200, digunakan untuk menyaring sampel tanah
11. Sodium silika, sebagai larutan pendispersi



Gambar 3. 3 Satu set alat uji *Grain Size*

3.3 Skema Penelitian



Gambar 3. 4. Skema penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini akan meliputi:

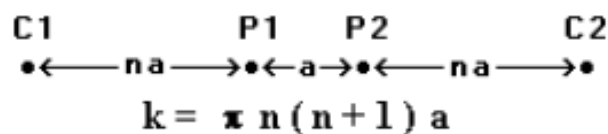
3.4.1 Metode Geolistrik

3.4.1.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan sebelum proses akuisisi data. Survei ini meliputi penentuan lokasi akuisisi data agar sesuai dengan panjang bentangan, perijinan dengan warga setempat serta pemerintah daerah setempat. Dengan dilakukan survei pendahuluan diharapkan dapat meminimalisir kendala-kendala saat proses akuisisi data.

3.4.1.2 Akuisisi Data

Proses akuisisi data dilakukan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger di area Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan. Alat utama yang digunakan saat akuisisi data adalah OYO 2119C McOHM-EL. Dalam proses ini, akan didapatkan nilai beda potensial (V), dengan menginjeksikan arus (I) ke bawah permukaan tanah. Didapatkan juga nilai faktor geometri (K) dari nilai jarak spasi antar elektroda (a) dan jumlah pengulangan (n). Sehingga dari nilai V, I, dan K dapat dihitung nilai resistivitas semu (ρ_a).



Gambar 3. 5 Susunan elektroda konfigurasi wenner-schlumberger (Loke, 1999).

3.4.1.3 Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh melalui proses akuisisi data kemudian diolah dengan menggunakan beberapa *software*. Yang pertama adalah Microsoft excel untuk pembuatan form akuisisi data yang akan digunakan untuk proses pengolahan ke *software* res2Dinv. *Software* res2Dinv menggunakan *output* dari data yang ada di Microsoft excel yang sebelumnya telah dipindah ke notepad. *Software* ini

menghasilkan *output* data 2D berupa kedalaman dan nilai resistivitas batuan yang ada di bawah permukaan.

3.4.2 Uji Geoteknik

Pengujian geoteknik diperlukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik suatu tanah. Ada beberapa pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, dan secara umum terbagi menjadi dua, yaitu uji pendahuluan yang meliputi uji kadar air, uji massa jenis tanah, dan uji specific gravity, serta uji inti yang meliputi uji distribusi ukuran butiran, uji batas-batas Atterberg, dan uji potensi pengembangan.

3.4.2.1 Uji Pendahuluan

Sampel tanah yang digunakan dalam pengujian ini ada tiga buah, yang di ambil di tempat yang berbeda-beda. Pengambilan sampel tanah ini dilakukan pada kedalaman $\pm 0,5$ meter di bawah permukaan tanah dengan menggunakan metode pengambilan tanah untuk tanah jenis *undisturbed sample* (UDS) atau sampel tanah yang tidak terganggu. Uji pendahuluan terdiri atas uji kadar air tanah, uji massa jenis tanah, dan uji *specific gravity*.

1. Uji Kadar Air

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui massa air yang terkandung pada tanah dengan massa kering tanah, yang dinyatakan dalam persen. Sampel tanah asli diambil sebagian lalu diletakkan ke dalam 3 cawan untuk masing-masing sampel tanah. Lalu dilakukan pengeringan oleh oven dengan suhu (105-110) °C selama ± 24 jam untuk semua sampel tanah.

2. Uji massa jenis tanah / *bulk density*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui massa jenis sampel tanah asli yang didefinisikan sebagai perbandingan massa butiran tanah, termasuk udara dan air yang terkandung dengan volum total tanah. Sampel tanah asli dibentuk kubus dengan ukuran (1 x 1 x 1) cm³ sebanyak tiga buah untuk masing-masing sampel tanah. Dengan menggunakan air raksa yang memiliki gaya kohesi yang sangat kuat yang telah diketahui nilai massa jenisnya, didapatkan besar massa jenis dari sampel tanah. Prinsip dari pengujian ini adalah berdasarkan hukum Archimedes, dimana besar volum yang tumpah sama dengan volum yang tercelup.



Gambar 3. 6 Proses pengujian massa jenis tanah

3. Uji *specific gravity*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan dari massa jenis fluida terhadap massa jenis fluida standar (*reference*) pada volum yang sama. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar ASTM D 854-92. Pengujian dilakukan menggunakan piknometer. Untuk meminimalisir udara yang mengisi pori-pori di dalam sampel, dilakukan perebusan agar gelembung-gelembung udaranya keluar, sehingga didapatkan nilai *specific gravity* dari sampel tanah tersebut. Hasil dari *specific gravity* ini akan digunakan untuk pengujian analisis butiran.

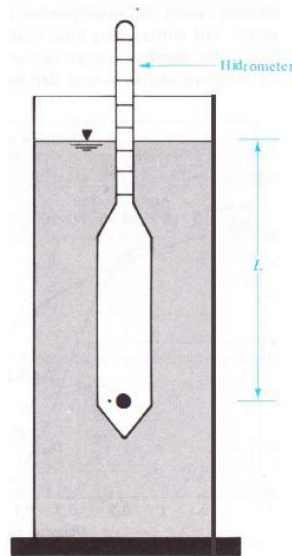
3.4.2.2 Uji Inti

1. Uji analisis butiran / *Grain Size*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jenis suatu tanah berdasarkan distribusi butiran tanahnya. Pengujian yang dilakukan berdasarkan standar ASTM D 422-63. Dalam uji ini terdapat dua klasifikasi tahapan, antara lain:

a. Uji analisis hidrometer

Pengujian ini menggunakan 60 gram sampel tanah kering hasil uji kadar air. Kemudian sampel tanah ditambahkan dengan air dan direbus agar dapat bercampur. Prinsip dari pengujian ini adalah pelampung hidrometer akan mengukur berat jenis larutan di sekitar gelembung hidrometer pada kedalaman L. Dengan menggunakan *stopwatch*, catat skala pada pelampung hidrogen pada waktu ke- 1, 2, 5, 15, 30, 60, 1440 menit.



Gambar 3.7 Skema uji analisis hidrometer (Das, Endah, Mochtar, 1995)

b. Uji analisis saringan

Pengujian ini menggunakan sampel tanah hasil uji hidrometer yang telah dicuci dan disaring dengan menggunakan saringan No. 200 ASTM. Sampel tanah yang tertahan kemudian diletakkan di cawan, lalu dipanaskan menggunakan oven selama 24 jam. Lalu sampel tanah yang telah kering di timbang bersamaan cawannya. Selanjutnya sampel tanah dimasukkan ke dalam susunan saringan kemudian digertarkan menggunakan *vibrator* selama kurang lebih 10 menit. Sampel tanah yang tertinggal pada setiap saringan kemudian ditimbang.

2. Uji batas-batas Atterberg / Atterberg *Limits*

Uji ini meliputi batas plastis dan batas cair. Pengujian ini sesuai dengan standar ASTM 4318-95a. Pertama untuk batas cair, berat cawan dan sampel tanah yang telah diletakkan di atas cawan ditimbang. Kemudian sampel tanah tersebut dimasukkan ke dalam mangkuk dan ditambahkan akuades, kemudian diaduk dan direkatkan dengan solet hingga rekat. Lalu sampel tanah dibelah pada *cassagrande*. Kemudian *cassagrande* diputar hingga alur menutup kembali sepanjang 1 cm dan terjadi ketukan. Percobaan tersebut dilakukan sebanyak 4 kali dengan 2 kali ketukan kurang dari 25 ketukan dan 2 kali ketukan lebih dari 25 ketukan. Lalu sampel tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam oven. Lalu sampel tanah tersebut ditimbang kembali.

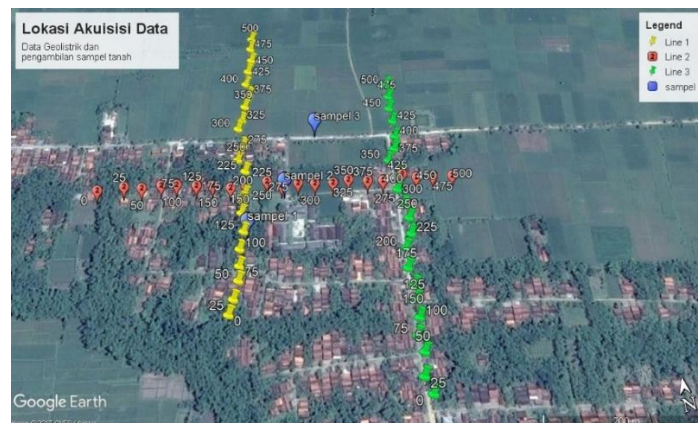
Selanjutnya untuk batas plastis, ambil sedikit dari sampel tanah sisa dari uji batas cair. Kemudian bentuk bola-bola kecil. Tambahkan tanah kering jika tanah tersebut terlalu basah. Lalu bola-bola kecil tersebut dipipihkan dengan menggunakan tangan ke permukaan yang halus sampai diameternya kurang lebih 3mm. Lalu lihat tanah tersebut, jika sudah terlihat retakan-retakan kecil, dimasukkan ke dalam cawan yang telah ditimbang sebelumnya, lalu timbang cawan yang telah terisi tanah tersebut, kemudian di oven selama kurang lebih 24 jam pada suhu 110°C. Setelah dioven, cawan beserta tanah kering ditimbang kembali untuk mendapatkan nilai kadar airnya. Namun jika pada tanah yang telah dipipihkan tadi belum terlihat retakan-retakan kecil, maka tanah masih terlalu basah dan harus ditambahkan tanah kering sampai terlihat retakan-retakan kecil pada tanah yang telah dipipihkan tersebut.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan. Penelitian ini meliputi pengambilan data dengan menggunakan metode geolistrik dan pengambilan sampel tanah di sekitar tempat pengambilan data geolistrik. Data geolistrik yang diambil dalam penelitian ini sebanyak 3 lintasan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan panjang masing-masing lintasan sepanjang 500 m dan spasi 25 m. Penggunaan konfigurasi ini dikarenakan konfigurasi Wenner-Schlumberger ini memiliki resolusi yang cukup baik, baik secara horisontal maupun vertikal. Pengambilan data geolistrik ini bertujuan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan, dan pengambilan sampel tanah bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah di daerah tersebut. Penelitian ini hanya membahas struktur lapisan bawah permukaan kategori dangkal dengan kedalaman sekitar 10 m untuk digunakan sebagai data dukung geoteknik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi struktur lapisan bawah permukaan, serta mendeskripsikan stabilitas tanah di daerah tersebut. Data dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai data dukung geoteknik di Desa Sambongbangi, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan. Lokasi pengambilan data geolistrik dan sampel tanah ditunjukkan oleh gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi pengambilan data geolistrik dan sampel tanah

Menurut Surat (2011), ruas jalan Purwodadi-Blora sering mengalami kerusakan yang diduga disebabkan oleh tanah yang bersifat ekspansif. Berdasarkan penelitian tersebut, disimpulkan bahwa ruas jalan Purwodadi-Blora termasuk ke dalam klasifikasi tanah lempung-lanauan CH (*high clay*) dengan nilai indeks plastisitas 44,25 % yang membuat ruas jalan tersebut memiliki potensi pengembangan yang cukup tinggi.

4.1 Interpretasi Data Geolistrik

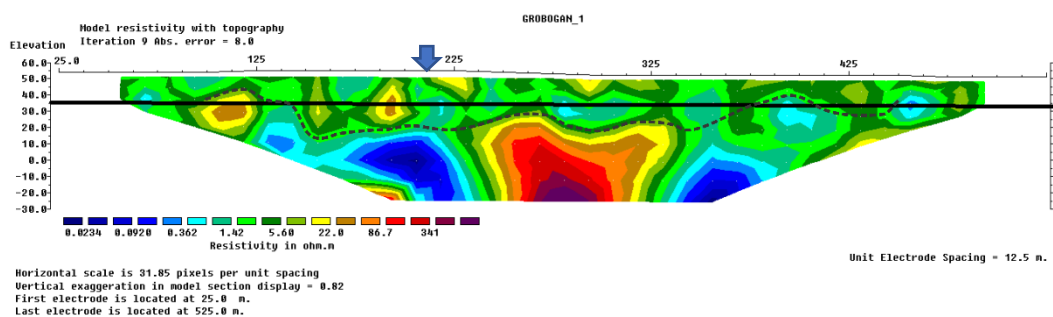
Data geolistrik yang didapatkan dari lapangan berupa nilai arus (I) dan beda potensial (ΔV). Dari kedua data tersebut lalu digabungkan dengan nilai K , atau faktor geometri, yang nilainya bergantung pada konfigurasi yang digunakan dan jarak spasi antar elektroda, maka akan diperoleh nilai resistivitas semu (ρ_{semu}). Nilai ρ_{semu} ini bukanlah nilai resistivitas sebenarnya. Perlu dilakukan pengolahan data lebih lanjut dengan menggunakan *software Res2Dinv* untuk mendapatkan nilai sebenarnya dari resistivitas batuan di bawah permukaan. Hasil dari pengolahan dengan *software* tersebut akan menghasilkan nilai resistivitas batuan terhadap nilai kedalaman.

4.1.1 Lintasan 1

Lintasan 1 berada pada koordinat 0517284 E – 0517383 E dan 9211267 S – 9211749 S dengan ketinggian sekitar 54 m. Panjang lintasan ini adalah 500 m dengan spasi jarak elektroda sejauh 25 m, yang membentang dari selatan ke utara.

Hasil dari pengolahan menggunakan *software Res2Dinv*, didapatkan nilai resistivitas dari (0,0234 – 1890,3) ohm.meter (Ωm) dengan RMS *error* sebesar 8 %. RMS *error* (RMSE) adalah salah satu metode untuk mengevaluasi Teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan. Yang dapat juga dinyatakan sebagai ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE yang kecil menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya. Dari nilai resistivitas tersebut, tersusun atas beberapa jenis batuan. Berdasarkan tabel 2.1. dan peta geologi Kecamatan Kradenan (lampiran 1.), jenis batuan pada lokasi

pengambilan data tersusun atas, lempung, batu pasir, dan batu kapur. Dari hasil inversi 2D, diketahui bahwa struktur tanah didominasi oleh lempung. Nilai resistivitas $0,0234 - 1 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai akuifer air asin karena air asin atau air garam umumnya bersifat elektrolit, sehingga menghasilkan resistivitas yang kecil. Lalu nilai resistivitas $1 - 10 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai lempung, dimana jenis tanah ini mendominasi struktur lapisan tanah bawah permukaan di sekitar lintasan 1, terutama pada kedalaman $0 - 30 \text{ m}$. Selanjutnya nilai resistivitas $10 - 100 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai lempung pasir, lanau, dan batu pasir. Dan nilai resistivitas $100 - 1890,3 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai batu kapur. Letak batuan dasar diidentifikasi ditunjukkan oleh garis hitam putus-putus, sedangkan daerah yang berada di atas garis putus-putus masih berupa struktur tanah.



Gambar 4. 2 Hasil inversi 2D pada lintasan 1

Di sekitar lintasan 1, terdapat beberapa bangunan, salah satunya adalah pondok pesantren. Pada kedalaman $0 - 15 \text{ m}$ yang dibatasi oleh garis melintang berwarna hitam, didominasi oleh lempung, lempung pasir serta lanau. Hampir di sepanjang lintasan tersebut tersusun atas tanah lempung dengan tersisipi oleh struktur batuan pasir. Kedalaman tersebut umumnya digunakan sebagai tempat pondasi. Lempung memiliki sifat yang mudah mengembang dan juga mudah menyusut, atau termasuk ke dalam jenis tanah ekspansif. Pondasi yang dibangun di atas lempung, biasanya akan mengalami keretakan pada bangunannya dikarenakan sifat tanah ekspansif yang sangat mudah berubah volum akibat perubahan kadar air. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya keretakan-keretakan di bangunan pondok pesantren yang ada di sekitar lintasan 1. Gambar panah pada gambar 4.2 adalah titik perpotongan dengan lintasan 2.



Gambar 4. 3 Keretakan yang terjadi pada lantai dan dinding pondok pesantren

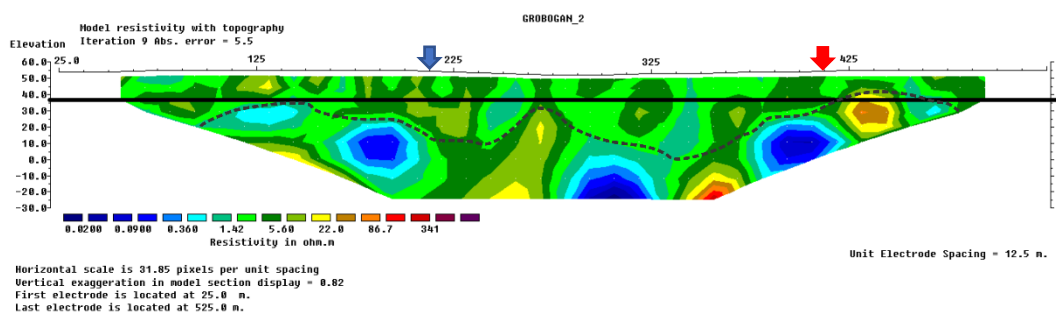
4.1.2 Lintasan 2

Lintasan 2 berada pada koordinat 0517125 E – 0517634 E dan 9211489 S – 9211398 S dengan ketinggian sekitar 55 m. Panjang lintasan ini adalah 500 m dengan spasi jarak elektroda sejauh 25 m, yang membentang dari barat ke timur. Lintasan ini membentang melewati pemukiman warga dan juga bangunan sekolah.

Hasil inversi 2D dari *software res2Dinv* menunjukkan bahwa struktur bawah permukaan tanah di sekitar lintasan 2 didominasi oleh lempung sampai lempung pasir. Nilai resistivitas hasil pengolahan menggunakan *res2Dinv* dari data yang didapatkan di lapangan bervariasi dari 0,01 – 282,79 Ωm dengan RMS error 5,5 % . Resistivitas paling kecil, yaitu 0,01 – 1 Ωm diidentifikasi sebagai air asin. Selanjutnya, resistivitas 1 – 10 Ωm diidentifikasi sebagai lempung dan mendominasi dari kedalaman 0 m sampai 78,17 m dari permukaan. Lalu untuk nilai resistivitas 10 – 100 Ωm diidentifikasi sebagai lempung pasir, lanau, sampai batuan pasir. Dan nilai resistivitas 100 – 282,79 Ωm diidentifikasi sebagai batuan pasir dan batuan kapur. Sama seperti lintasan 1, garis hitam putus-putus diidentifikasi menunjukkan letak batuan dasar yang ada pada lintasan 2. Daerah yang berada di atas garis putus-putus adalah daerah yang masih berupa struktur tanah.

Berdasarkan hasil pengolahan, pada kedalaman 0 – 15 m hampir seluruhnya struktur lapisan bawah permukaan tanahnya tersusun atas lempung, hanya sebagian kecil tersisipi oleh struktur batuan pasir yang diduga telah terisi oleh air asin. Karena di sekitar lokasi banyak pemukiman warga serta bangunan publik seperti

sekolah, maka struktur tanah lempung ini cukup memberikan masalah untuk bangunan-bangunan tersebut. Menurut Wardana dan Suryanegara (2012), bangunan yang dibangun di atas tanah ekspansif akan menyebabkan kerusakan pada bangunan. Salah satu solusi untuk bangunan yang dibangun diatas tanah ekspansif adalah dengan menggali pondasi bangunan tersebut 1 m lebih dalam, lalu mengganti struktur tanahnya dengan tanah yang tidak bersifat ekspansif. Selain itu, jika bangunan yang dibangun cukup luas, maka dapat dilakukan pengaturan drainase air untuk meminimalisir jumlah air yang langsung menuju tanah ekspansif yang diatasnya terdapat bangunan. Gambar panah berwarna biru adalah titik perpotongan dengan lintasan 1, dan gambar panah berwarna merah adalah titik perpotongan dengan lintasan 3.



Gambar 4. 4 Hasil inversi 2D pada lintasan 2

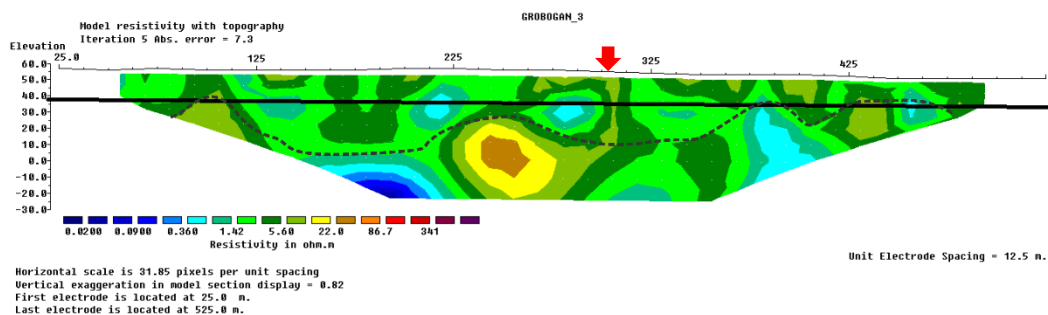
4.1.3 Lintasan 3

Lintasan 3 berada pada koordinat 0517516 E – 0517582 E and 9211109 S – 9211600 S dengan ketinggian sekitar 56 m. Panjang lintasan ini adalah 500 m dengan spasi jarak elektroda sejauh 25 m, yang membentang dari selatan ke utara. Sama dengan lintasan 2, lintasan ini membentang di sekitar pemukiman warga, area persawahan, jalan raya dan di lokasi tersebut juga terdapat fasilitas umum seperti masjid.

Hasil dengan menggunakan *software res2Dinv* menghasilkan resistivitas 0,03 – 33,3 Ω m dengan RMS error 7,3 %. Dengan rentan nilai resistivitas tersebut, struktur lapisan bawah permukaan tanah diidentifikasi sebagai lempung, lempung pasiran, lanau dan pasir. Berdasarkan tabel 2.1. dan peta geologi lokasi penelitian, lintasan 3 ini diidentifikasi didominasi oleh lempung dan lanau yang memiliki nilai resistivitas 1 – 10 Ω m. Lalu resistivitas 10 – 33,3 Ω m diidentifikasi sebagai

lempung pasir dan pasir. Selanjutnya untuk resistivitas $0,03 - 1 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai akuifer air asin. Batuan dasar pada lintasan 3 ini diidentifikasi ditandai oleh garis berwarna hitam putus-putus, sedangkan daerah diatas garis hitam tersebut masih berupa struktur tanah.

Sama halnya dengan kedua lintasan sebelumnya, pada kedalaman $0 - 15 \text{ m}$ sepanjang lintasan ini hampir seluruhnya tersusun atas lempung. Bangunan yang pondasinya dibangun di atas lempung akan memiliki kerentanan yang cukup tinggi untuk rusak. Bahkan berdasarkan hasil inversi 2D, ketiga lintasan tersebut sangat didominasi oleh lempung. Tanah lempung ini memiliki kecenderungan untuk berubah volum saat terjadi perubahan kadar air. Sehingga tanah jenis ini tidak cukup baik untuk digunakan dalam bidang konstruksi. Gambar panah berwarna merah menunjukkan titik perpotongan dengan lintasan 2.



Gambar 4. 5 Hasil inversi 2D pada lintasan 3

4.1.4 Interpretasi Distribusi Lempung

Dari hasil ketiga lintasan tersebut, dapat dijadikan dasar untuk mengidentifikasi distribusi lempung di sekitar lokasi akuisisi data. Distribusi lempung di sekitar lokasi tersebar merata mulai kedalaman $0 - 15 \text{ m}$, tempat dimana umumnya pondasi dibangun. Dari lintasan 1 (Gambar 4.2.), terlihat bahwa lapisan lempung tidak terlalu tebal, dan banyak tersisipi struktur-struktur lain seperti batuan pasir dan lanau. Distribusi lapisan tersebut semakin menebal jika dilihat dari Gambar 4.4. atau lintasan 2. Lintasan 2 terlihat bahwa sisipan-sisipan struktur jenis tanah lain semakin sedikit. Lalu pada lintasan 3 terlihat bahwa lapisan lempung semakin menebal. Hanya sedikit aja sisipan struktur tanah lain di sepanjang lintasan 3. Jika dilihat dari ketinggian rata-rata masing-masing lintasan, dari lintasan 3, lalu

ke lintasan 2, dan ke lintasan 1, ketinggiannya semakin berkurang. Ketinggian rata-rata pada lintasan 3 adalah 56 m, lalu lintasan 2 adalah 55 m dan ketinggian lintasan 1 adalah 54 m.

4.2 Hasil Pengujian Analisis Distribusi Butiran

Pengujian analisis distribusi butiran ini bertujuan untuk mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan ukuran butirannya. Pengujian ini terbagi ke dalam 2 tahap yang masing-masing saling berkaitan, yaitu uji analisis hidrometer dan uji analisis saringan. Ada 3 buah sampel tanah yang diuji, dimana lokasi pengambilan sampel tanah ditunjukkan oleh gambar 4.1. Berdasarkan ukuran butirannya, tanah dibagi menjadi 4 yaitu, kerikil, pasir, lanau, dan lempung (Tabel 2.4.).

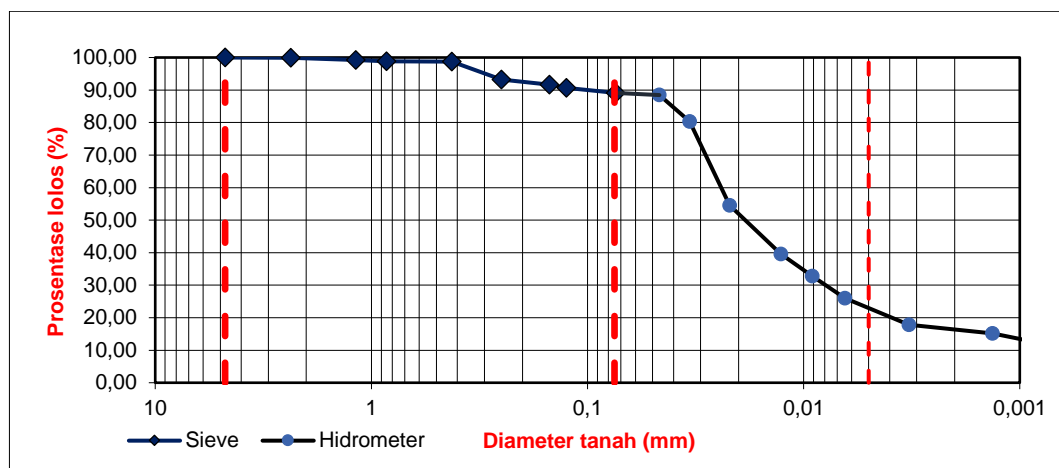
Uji analisis hidrometer termasuk ke dalam rangkaian uji analisis distribusi butiran. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui distribusi butiran yang berukuran kecil/halus. Prinsip utama dari pengujian ini adalah kecepatan suatu butiran untuk mengendap. Butiran yang berukuran besar relatif akan lebih cepat mengendap dibandingkan dengan butiran yang berukuran kecil. Dalam pengujian ini, digunakan pelampung hidrometer yang berfungsi untuk mengukur distribusi butiran di sekitar pelampung tersebut. Pelampung lama-kelamaan akan semakin naik menuju permukaan akibat semakin banyak butiran yang mengendap.

Sedangkan uji analisis saringan digunakan untuk mengetahui distribusi butiran yang berukuran besar/kasar. Saringan yang digunakan sesuai dengan standar ASTM, yaitu saringan nomor 4, 8, 16, 20, 40, 80, 200, 425, dan 750. Masing-masing saringan memiliki diameter yang berbeda-beda. Diameter yang berbeda-beda tersebut akan mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan ukuran butirannya. Jadi dapat dikatakan, untuk bagian butiran halus dalam struktur tanah diuji dengan menggunakan analisis hidrometer, sedangkan untuk bagian tanah berbutir kasar dilakukan pengujian analisis saringan.

4.2.1 Hasil Uji Analisis Butiran Sampel 1

Sampel 1 diambil di sekitar lokasi pondok pesantren. Terletak pada koordinat 517329.13 m E dan 9211384.01 m S.

Hasil dari uji analisis butiran pada sampel 1 menunjukkan bahwa jenis tanah yang tersusun pada sampel 1 adalah pasir, lanau, dan lempung. Komposisi lempung pada sampel ini adalah sebanyak 23,16 %, lanau sebanyak 47,97 %, dan pasir sebanyak 28,87 %.



Gambar 4. 6 Grafik diameter butiran tanah terhadap presentase tanah lolos pada sampel 1

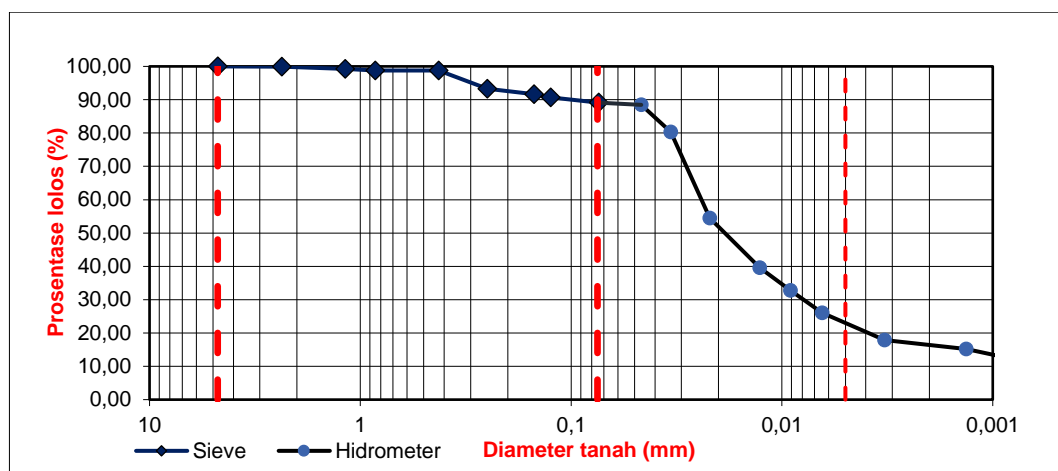
Grafik diatas menunjukkan banyaknya butiran tanah yang lolos dalam persen. Garis vertikal berwarna merah menunjukkan batas-batas jenis tanah. Garis merah yang pertama dari kiri membatasi daerah kerikil dan pasir yang diuji dengan uji analisis saringan. Lalu garis merah kedua atau yang tengah membatasi daerah pasir dan lanau. Sedangkan garis merah yang terakhir membatasi daerah lanau dan lempung yang diuji dengan uji analisis hidrometer. Dari grafik menunjukkan bahwa tidak ada kandungan kerikil pada sampel tanah 1. Terlihat dari tidak adanya data yang mengisi daerah kerikil.

4.2.2 Hasil Uji Analisis Butiran Sampel 2

Pengambilan sampel 2 dilakukan tepat di depan bangunan sekolah. Terletak pada koordinat 517391.00 m E dan 9211439.00 m S. Pemilihan pengambilan sampel tanah di lokasi tersebut karena bangunan sekolah merupakan salah satu bangunan publik yang digunakan oleh banyak orang, sehingga data geoteknik di sekitar bangunan tersebut sangat diperlukan.

Hasil dari pengujian analisis butiran ini diketahui bahwa struktur tanah terdiri atas pasir, lempung dan lanau. Komposisi pasir sebesar 8,78 %, lalu lempung

sebesar 28,27 %, dan lanau 62,95% dari keseluruhan sampel tanah yang diuji. Dari hasil tersebut, struktur tanah sebagian besar tersusun atas lanau. Sama seperti sampel pertama, tidak ada struktur kerikil dalam sampel ini. Banyaknya lanau dan lempung menurut pengujian ini dapat menjadi perhatian khusus, terlebih lokasi pengambilan sampel tanah tepat di depan sekolah, karena kedua jenis tanah ini umumnya memiliki sifat ekspansif. Hasil ini juga didukung dengan data geolistrik yang ditunjukkan oleh gambar 4.4. yang juga menunjukkan bahwa struktur lapisan bawah permukaan di lokasi tersebut didominasi oleh lempung dan lanau.



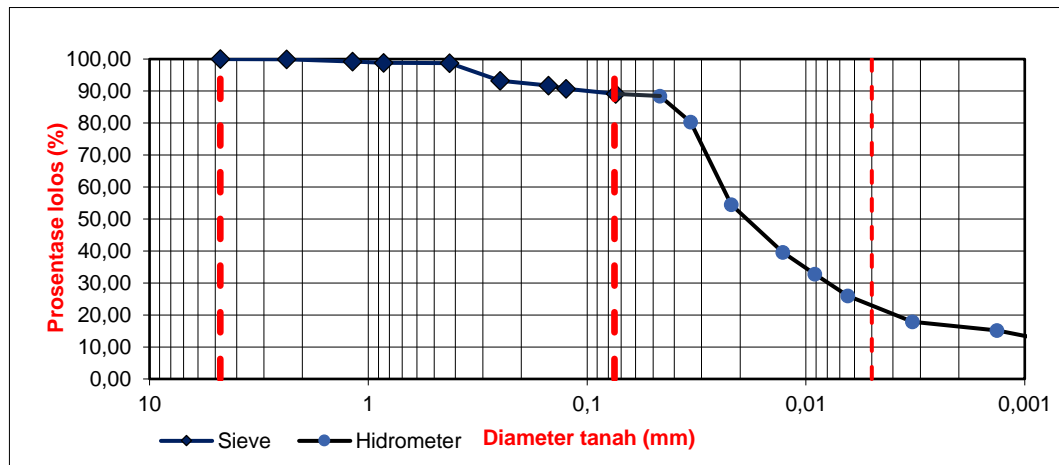
Gambar 4. 7 Grafik diameter butiran tanah terhadap presentase tanah lolos pada sampel 2

4.2.3 Hasil Uji Analisis Butiran Sampel 3

Sampel tanah ketiga diambil tepat pinggir jalan raya. Terletak pada koordinat 517454.00 m E dan 9211537.00 m S. Pengambilan sampel ketiga di pinggir jalan raya karena jalan tersebut sering dilewati kendaraan ringan sampai kendaraan berat. Sehingga diperlukan data geoteknik mengenai sifat fisis tanah di sekitar jalan tersebut untuk mengetahui jenis tanah dan sifat-sifat fisis lainnya.

Hasil pengujian analisis butiran pada sampel 3 menunjukkan bahwa tanah yang diuji tersusun atas kerikil, pasir, lanau dan lempung. Terdapat semua jenis tanah yang dibagi menurut ukuran butirannya. Akan tetapi, komposisi kerikil dalam sampel tanah ini sangat sedikit, yaitu sebesar 0,05 %. Sedangkan komposisi pasir sebanyak 9,15 %. Lalu komposisi lanau mendominasi sebanyak 70,44 %, dan lempung sebanyak 20,36 %. Sama seperti sampel 2, komposisi lanau dan lempung

mendominasi dari keseluruhan sampel tanah yang diuji. Hasil ini dikuatkan dengan peta geologi daerah penelitian (lampiran 1.) dan juga data geolistrik yang ditunjukkan oleh gambar 4.5. yang mengidentifikasika bahwa struktur lapisan bawah permukaan, terutama pada kedalaman 0 – 15 m didominasi oleh lempung dan lanau.



Gambar 4. 8 Grafik diameter butiran tanah terhadap presentase tanah lolos pada sampel 3

4.3 Hasil Uji Batas-batas Atterberg

Pengujian batas-batas Atterberg ini bertujuan untuk menentukan batas cair dan batas cair suatu tanah. Prinsip dari pengujian ini adalah memvariasikan kadar air yang terkandung dalam tanah. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini sama dengan sampel yang digunakan dalam pengujian analisis butiran, akan tetapi sampel tanah yang dalam keadaan kering ditumbuk hingga lolos saringan nomor 40 agar mudah dicampur dengan air.

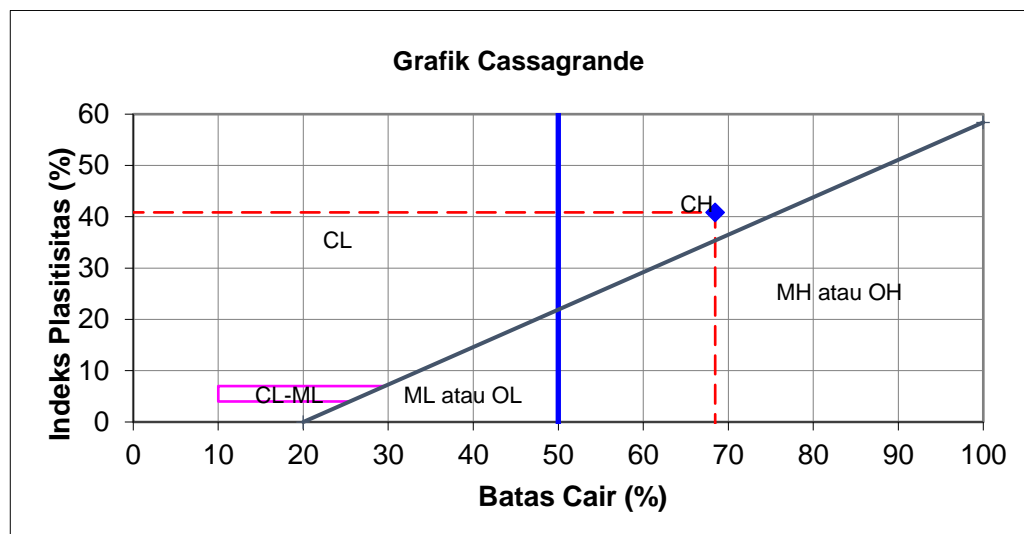
Hasil dari pengujian ini adalah jenis dan sifat tanah berdasarkan batas plastis dan batas cair yang dimiliki tanah tersebut. Pengklasifikasian hasil pengujian ini berdasarkan standar *Unified Soil Classification System*. Sistem klasifikasi tersebut pertama kali digunakan oleh Casagrande pada tahun 1942, lalu kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*) dan digunakan sampai sekarang oleh para konsultan geoteknik.

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 50% butiran lebih besar (saringan no. 200 (0,075 mm))	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempung	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih besar (saringan no. 200 (0,075 mm))	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung lunak (lean clays)	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomaceous, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut (peat) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi
			Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2485	

Gambar 4. 9 Sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (Hardiyatmo, 2002)

4.3.1 Hasil Uji Batas Atterberg Sampel 1

Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa pada sampel 1 memiliki batas cair sebesar 68,862 %. Batas cair ini didapatkan saat ketukan ke-25 dari Casagrande. Hasil ketukan ke 25 ini hasil dari interpolasi 2 kali ketukan yang nilainya kurang dari 25 ketukan dan 2 kali ketukan yang nilainya lebih dari 25 ketukan. Dan batas plastis dari sampel ini adalah 27,061 %. Dan nilai indeks plastisitas (IP) yang merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis pada sampel ini adalah sebesar 41,261 %. Sedangkan nilai indeks cair sampel ini adalah 0,063.



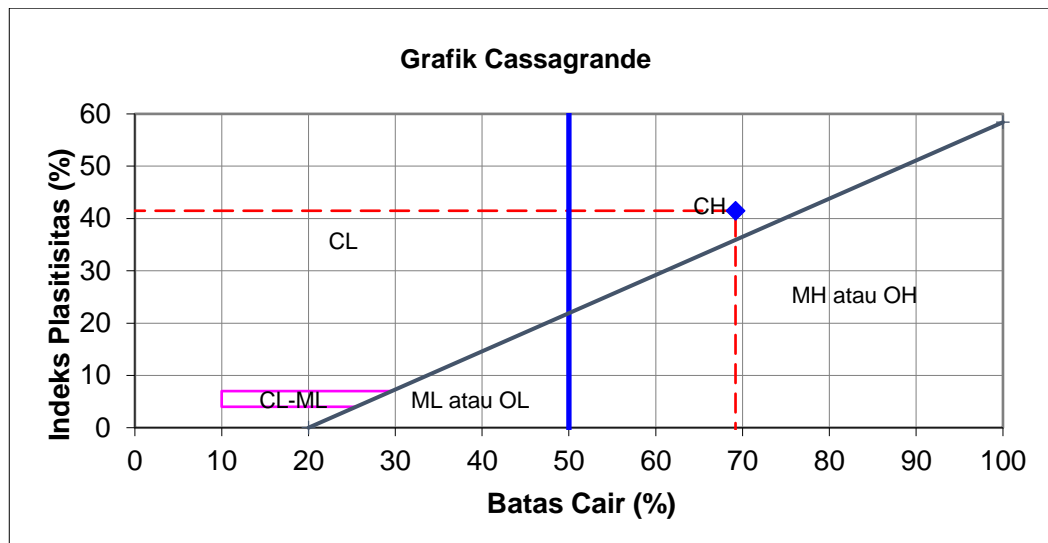
Gambar 4. 10 Grafik Cassagrande sampel 1

Grafik diatas adalah grafik Cassagrande yang menunjukkan klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS. Dengan memasukkan nilai batas cair dan indeks plastisitas, didapatkan klasifikasi jenis tanah sampel 1. Jenis tanah sampel 1 termasuk klasifikasi tanah jenis CH atau *clay* dengan plastisitas tinggi. Nilai plastisitas yang tinggi ini merupakan salah satu ciri bahwa tanah tersebut bersifat ekspansif.

Hasil uji Atterberg limit ini mendukung hasil data geolistrik dan juga data analisis butiran, dimana hasil dari ketiganya menyebutkan bahwa sampel tersebut mengandung lempung yang cukup banyak.

4.3.2 Hasil Uji Batas Atterberg Sampel 2

Hasil pengujian batas-batas Atterberg pada sampel 2 menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki batas cair sebesar 69,592% dan batas plastis sebesar 27,712 %. Nilai indeks plastisitas sampel ini terbilang cukup tinggi seperti sampel 1, yaitu sebesar 41,879 %. Sedangkan nilai indeks cair pada tanah ini adalah 0,112. Dengan memasukkan nilai indeks plastisitas dan batas cair ke dalam grafik Cassagrande, maka didapatkan klasifikasi tanah pada sampel 2. Berikut adalah grafik Cassagrande untuk sampel 2.

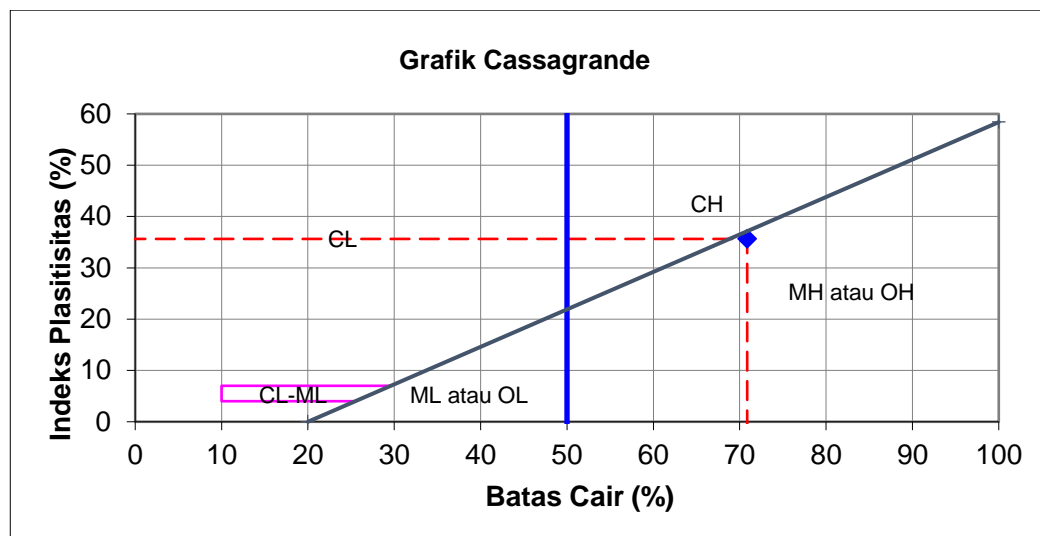


Gambar 4. 11 Grafik Cassagrande sampel 2

Dari grafik diatas, diketahui bahwa tanah pada sampel 2 termasuk ke dalam klasifikasi CH atau lempung dengan plastisitas yang tinggi. Nilai tersebut mendekati batas MH atau lanau dengan plastisitas yang tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa tanah pada sampel 2 sebagian tersusun oleh lanau. Tingginya nilai plastisitas menunjukkan bahwa tanah tersebut bersifat ekspansif. Tanah yang ekspansif tidak baik digunakan dalam bidang konstruksi karena akan merusak bangunan. Hasil diatas didukung dengan data geolistrik dan juga data uji analisis butiran yang menunjukkan bahwa susunan tanah tersebut didominasi oleh lempung dan juga lanau.

4.3.3 Hasil Uji Batas Atterberg Sampel 3

Hasil pengujian batas-batas Atterberg menunjukkan bahwa tanah sampel 3 memiliki batas cair 71,052 % dan batas plastis 35,236 %. Dari nilai batas cair dan batas plastis tersebut didapatkan indeks plastisitas, yaitu selisih antara batas cair dengan batas plastis, sebesar 35,816 %. Sedangkan nilai indeks cair pada sampel ini adalah sebesar -0,167. Nilai negatif pada indeks cair ini karena nilai kadar air tanah pada saat pengambilan sampel lebih kecil dibandingkan dengan nilai batas plastisnya. Artinya, kondisi tanah saat itu berada pada fase padat atau semi padat.



Gambar 4. 12. Grafik Cassagrande sampel 3

Grafik diatas adalah grafik Cassagrande untuk sampel 3. Dengan memasukkan nilai dari batas cair dan indeks plastisitas yang telah didapatkan dari pengujian batas-batas Atterberg, maka didapatkan grafik seperti diatas. Berdasarkan grafik diatas, jenis tanah pada sampel 3 adalah MH atau lanau dengan plastisitas yang tinggi. Akan tetapi titik pada grafik diatas sangat mendekati daerah lempung dengan plastisitas tinggi (CH), sehingga dapat dikatakan bahwa tanah yang tersusun pada sampel ini didominasi oleh lanau dan juga lempung. Hasil ini dikuatkan dengan data geolistrik dan juga pengujian analisis butiran yang menyebutkan bahwa struktur tanah sebagian besar tersusun atas lanau dan juga lempung.

4.4 Hasil Akhir Keseluruhan Penelitian

Berdasarkan hasil interpretasi geolistrik yang mengidentifikasi bahwa pada kedalaman 0 – 15 m di seluruh lintasan di dominasi oleh struktur tanah lempung, lempung pasir dan juga lanau dengan nilai resistivitas 0 – 10 Ω m. Lapisan lempung ini semakin menebal dari lintasan 1 ke lintasan 3. Seperti yang telah dijelaskan pada sub-sub-bab 4.1.3 bahwa lintasan 3 adalah kawasan pemukiman penduduk dan terdapat fasilitas umum seperti masjid. Bahkan pada lintasan kedua, terdapat fasilitas umum lainnya yaitu sekolah, sehingga dominasi

tanah lempung di sekitar lokasi penelitian cukup menjadikan perhatian dan *awareness*, baik untuk warga, maupun pemerintah setempat.

Data ini dikuatkan oleh pengujian sifat-sifat fisik sampel tanah yang telah diambil di 3 titik (lihat Gambar 4.1.). Pengujian analisis butiran menyebutkan bahwa kandungan lempung dan lanau pada ketiga sampel cukup tinggi. Bahkan kedua jenis tanah tersebut merupakan penyusun utama dari ketiga sampel tanah yang diambil.

Data pengujian batas-batas Atterberg juga menguatkan kedua data diatas. Hasil pengujian tersebut terhadap sampel tanah 1 menyebutkan bahwa jenis tanah pada sampel 1 termasuk ke dalam klasifikasi tanah CH atau lempung dengan plastisitas tinggi, dengan nilai IP sebesar 41,261 %. Pada sampel 2, klasifikasi sampel tanah juga termasuk ke dalam lempung dengan plastisitas tinggi, dengan nilai IP 41,879 %. Dan pada sampel tanah ketiga termasuk ke dalam klasifikasi tanah lanau dengan plastisitas tinggi, yaitu dengan nilai IP sebesar 35,816 %.

Menurut Hardiyatmo (2002), nilai derajat pengembangan tanah ekspansif dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, tipe dan jumlah mineral yang terkandung pada tanah, luas spesifik tanah, susunan tanah, konsentrasi garam pada air yang ada di dalam pori tanah, valensi kation, sementasi, bahan-bahan organik, dan lain-lain. Hal ini serupa dengan yang dikatakan oleh Loke (1999) yang menyebutkan bahwa resistivitas lapisan bawah permukaan berhubungan oleh parameter-parameter geologi seperti, kandungan mineral dan fluida, porositas batuan, dan derajat kejenuhan air di dalam batuan. Oleh karena itu, metode geolistrik berhubungan dan dapat digunakan untuk keperluan bidang geoteknik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil inversi 2D data geolistrik menggunakan *software res2Dinv* menunjukkan bahwa struktur lapisan bawah permukaan di Desa Sambongbangi pada ketiga lintasan diidentifikasi tersusun oleh dominan lempung, lempung pasir dan lanau. Selain lempung, lempung pasir dan lanau, pada ketiga lintasan juga terdapat lapisan batuan pasir. Lalu terdapat juga batuan kapur yang hanya ditemukan pada lintasan 1.
2. Berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik dan juga hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah hasil dari tiga titik pengambilan sampel tanah, dapat dikatakan bahwa stabilitas tanah di lokasi tersebut tergolong tidak cukup baik. Karena tanah penyusun di sekitar lokasi pengambilan data didominasi oleh lempung dan juga lanau yang memiliki nilai plastisitas yang tinggi, yang berakibat tanah mudah mengembang dan mudah menyusut akibat perubahan kadar air.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengujian sifat-sifat mekanik pada sampel tanah untuk dapat lebih mengetahui stabilitas dan juga daya dukung tanah di lokasi tersebut.
2. Dominasi lempung di lokasi penelitian membuktikan bahwa daerah tersebut adalah daerah yang kurang baik untuk didirikan bangunan, sehingga diperlukan upaya-upaya pencegahan dan mitigasi, yaitu dengan mengganti atau mencampur tanah di sekitar bangunan dengan tanah yang tidak bersifat ekspansif.

DAFTAR PUSTAKA

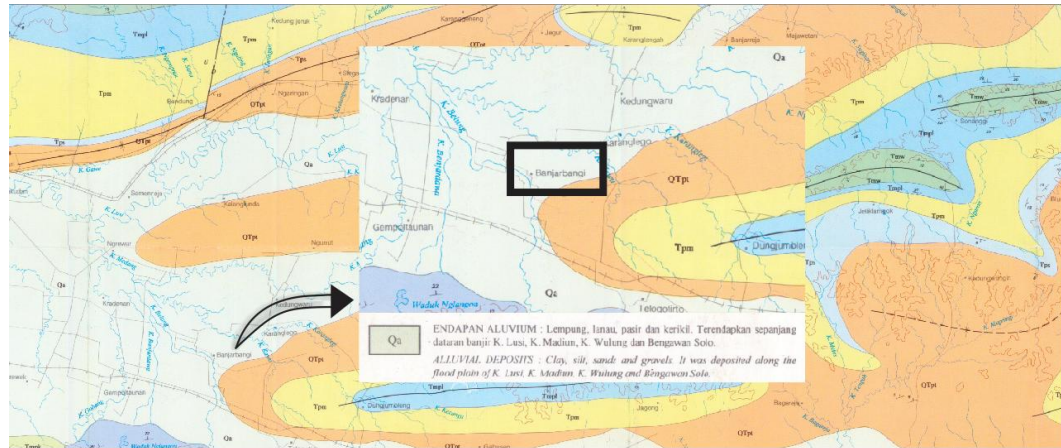
- A'la, Himamul. (2017). Penambahan Limbah Plastik pada Tanah Ekspansif. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret.
- Aji, W. W. (2012). Uji Tekanan Pengembangan Tanah Ekspansif Ditinjau dari Besarnya Kadar Air. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret.
- Allen, Edward. (2005). Dasar-dasar Konstruksi Bangunan: Bahan-bahan dan Metodenya Edisi Ketiga Jilid I. Jakarta: Erlangga
- Bella, R. A., Bunganaen, W., & Sogen, P. M. (2015). Identifikasi Kerusakan Konstruksi Akibat Potensi Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Di Desa Oebelo. *Jurnal Teknik Sipil*, IV(2), 195–208.
- Das, B. H., Endah, N., Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis) Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Datun, M., Sukandarrumidi, Hermanto, B., & Suwarna, N. (1996). *Peta Geologi Lembar Ngawi, Jawa: second edition*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Forouzan, A. H. (2016). Prediction of Swelling Behaviour of Expansive Soils Using Modified Free Swell Index, Methylene Blue and Swell Oedometer Tests. *Thesis*. Middle East Technical University.
- Halimatusyadiah, A. M. (2015). Identifikasi potensi lempung sebagai bahan baku keramik menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi wenner-schlumberger. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lestrari, I Gusti. (2014). Karakteristik tanah lempung ekspansif (studi kasus di Desa Tanah Awu, Lombok Tengah). *Ganec swara*, 8(2).
- Li, J., Cameron, D. A., & Ren, G. (2014). Case study and back analysis of a residential building damaged by expansive soils. *Computers and Geotechnics*, 56, 89–99.
- Loke, M. H. (1999). *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. Copyright M.H. Loke.

- Murti, H. A. (2009). Analisis pendugaan potensi akifer dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas sounding dan mapping di kawasan karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri. *Tesis*. Universitas Sebelas Maret.
- Ravindran, A., Prabhu, M. A. K. (2012). Groundwater exploration study using wenner-schlumberger electrode array through W-4 2D resistivity imaging systems at Mahapallipuram, Chennai, Tamilnadu, India. *Reseacrh Journal of Recent Sciences*, 1(11), 36-40.
- Reynolds, J.M. (1997). *An introduction to applied and environmental*. UK: Willey blackwill
- Santosa, B., Suprpto, H., H. S., Suryadi. (1998). *Dasar Mekanika Tanah*. Gunadarma.
- Santoso, Djoko. (2002). *Pengantar teknik geofisika*. ITB press. Bandung.
- Seco, A., Ramirez, F., Miqueleiz, L., Garcia, B. (2011). Stabilization of expansive soils for use in construction. *Applied Clay Science*, 51, 348 – 352.
- Surat. (2011). Analisis struktur perkerasan jalan di atas tanah ekspansif (Studi kasus: ruas jalan Purwodadi – Blora). *Tesis*. Universitas Sebelas Maret.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. (1990). *Applied geophysics second edition*. Cambridge university press. New York.
- Utiya, J., As'ari, Tongkukut, S. H. J. (2015). Metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner-schlumberger dan konfigurasi dipole-dipole untuk identifikasi patahan Manado di Kecamatan Paaldua Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(2), 135 – 141.
- Wardana, I. G. N., Suryangaram, Dwipa. (2012). Analisis penyebab kerusakan rumah sederhana yang didirikan diatas tanah lempung di daerah Kerobokan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 16(2), 177–185.
- Widhiarto, H., Andriawan, A. H., Matulessy, A. (2015). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam Dan Kapur. *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya*, 1(2), 135–140.
- Yuliet, R., Hakam, A., Febrian, G. (2011). Uji potensi mengembang pada tanah lempung dengan metoda free swelling test (studi kasus: tanah lempung limau manih – Kota Padang). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(1), 25-36.

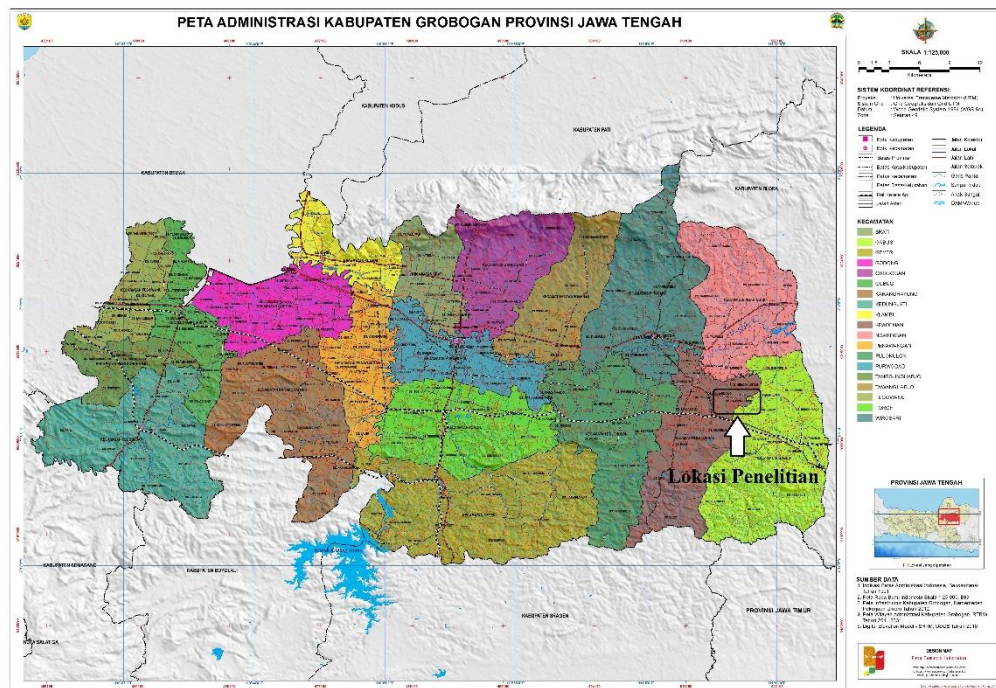
Zohdy, A. A. R. (1974). *Application of Surface Geophysics to Ground-Water Investigations*. United States Government Printing Office. Washington.

Lampiran

Lampiran 1. Peta Geologi Lokasi Pengambilan Data



Lampiran 2. Peta Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah



Lampiran 3. Data Lapangan Metode Geolistrik

1. Data lintasan pertama

Panjang bentangan = 500 m

Spasi = 25 m

No	C1 (m)	P1 (m)	P2 (m)	C2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	ρ (Ω .m)
1	0	25	50	75	157,1429	121,692	1,883	2,431548
2	25	50	75	100	157,1429	121,69	1,678	2,166864
3	0	50	75	125	471,4286	121,689	0,49	1,898282
4	25	75	100	150	471,4286	121,687	0,564	2,184997
5	50	75	100	125	157,1429	121,686	1,915	2,472993
6	75	100	125	150	157,1429	121,683	1,656	2,138578
7	50	100	125	175	471,4286	121,682	0,522	2,022367
8	75	125	150	200	471,4286	121,681	0,487	1,886784
9	100	125	150	175	157,1429	121,681	1,671	2,157985
10	125	150	175	200	157,1429	121,679	1,773	2,289748
11	100	150	175	225	471,4286	121,678	0,531	2,057303
12	125	175	200	250	471,4286	121,678	0,509	1,972067
13	150	175	200	225	157,1429	121,678	1,611	2,08055
14	175	200	225	250	157,1429	121,676	1,806	2,332424
15	150	200	225	275	471,4286	121,676	0,505	1,956601
16	175	225	250	300	471,4286	121,676	0,553	2,142575
17	200	225	250	275	157,1429	121,674	1,843	2,380248
18	225	250	275	300	157,1429	121,675	1,925	2,486131
19	200	250	275	325	471,4286	121,674	0,567	2,196854
20	225	275	300	350	471,4286	121,677	0,587	2,274288
21	250	275	300	325	157,1429	121,672	1,829	2,362206
22	275	300	325	350	157,1429	121,671	1,807	2,333811

23	250	300	325	375	471,4286	121,671	0,538	2,084544
24	275	325	350	400	471,4286	121,671	0,533	2,065171
25	300	325	350	375	157,1429	121,671	1,81	2,337686
26	325	350	375	400	157,1429	121,67	1,864	2,407449
27	300	350	375	425	471,4286	121,67	0,53	2,053564
28	325	375	400	450	471,4286	121,672	0,532	2,06128
29	350	375	400	425	157,1429	121,672	1,869	2,413867
30	375	400	425	450	157,1429	121,673	1,811	2,338939
31	350	400	425	475	471,4286	121,67	0,51	1,976071
32	375	425	450	500	471,4286	121,67	0,54	2,092311
33	400	425	450	475	157,1429	121,667	1,923	2,483711
34	425	450	475	500	157,1429	121,668	1,907	2,463026
35	325	400	425	500	942,8571	121,672	0,237	1,836554
36	300	375	400	475	942,8571	121,671	0,246	1,906312
37	275	375	400	500	1571,429	121,669	0,148	1,911509
38	250	350	375	475	1571,429	121,668	0,15	1,937356
39	275	350	375	450	942,8571	121,668	0,25	1,937356
40	250	325	350	425	942,8571	121,657	0,251	1,945282
41	225	325	350	450	1571,429	121,667	0,161	2,079446
42	200	300	325	425	1571,429	121,665	0,141	1,82116
43	225	300	325	400	942,8571	121,666	0,249	1,929639
44	200	275	300	375	942,8571	121,664	0,253	1,960669
45	175	275	300	400	1571,429	121,66	0,205	2,647895
46	150	250	275	375	1571,429	121,657	0,171	2,208786
47	175	250	275	350	942,8571	121,66	0,259	2,007233
48	150	225	250	325	942,8571	121,658	0,248	1,922016
49	125	225	250	350	1571,429	121,656	0,153	1,976299

50	100	200	225	325	1571,429	121,659	0,144	1,86
51	125	200	225	300	942,8571	121,659	0,25	1,9375
52	100	175	200	275	942,8571	121,657	0,263	2,038283
53	75	175	200	300	1571,429	121,658	0,151	1,950432
54	50	150	175	275	1571,429	121,658	0,148	1,911682
55	75	150	175	250	942,8571	121,658	0,263	2,038267
56	50	125	150	225	942,8571	121,659	0,255	1,97625
57	25	125	150	250	1571,429	121,658	0,151	1,950432
58	0	100	125	225	1571,429	121,655	0,15	1,937563
59	25	100	125	200	942,8571	121,655	0,281	2,177821
60	0	75	100	175	942,8571	121,646	0,295	2,286494
61	0	125	150	275	2357,143	121,654	0,137	2,654484
62	25	150	175	300	2357,143	121,657	0,112	2,170035
63	0	150	175	325	3300	121,656	0,076	2,061551
64	25	175	200	350	3300	121,282	0,076	2,067908
65	50	175	200	325	2357,143	121,282	0,037	0,719103
66	75	200	225	350	2357,143	121,28	0,069	1,341053
67	50	200	225	375	3300	121,282	0,056	1,523722
68	75	225	250	400	3300	122,274	0,078	2,105108
69	100	225	250	375	2357,143	122,274	0,094	1,812089
70	125	250	275	400	2357,143	122,275	0,083	1,600023
71	100	250	275	425	3300	122,277	0,067	1,80819
72	125	275	300	450	3300	122,273	0,07	1,889215
73	150	275	300	425	2357,143	122,275	0,065	1,25303
74	175	300	325	450	2357,143	122,277	0,093	1,792768
75	150	300	325	475	3300	122,277	0,034	0,917589
76	175	325	350	500	3300	122,276	0,045	1,214466

77	200	325	350	475	2357,143	122,276	0,071	1,368683
78	225	350	375	500	2357,143	122,275	0,068	1,310863
79	125	300	325	500	4400	122,285	0,048	1,727113
80	100	275	300	475	4400	122,284	0,205	7,376272
81	75	250	275	450	4400	122,28	0,068	2,446843
82	50	225	250	425	4400	122,279	0,102	3,670295
83	25	200	225	400	4400	122,275	0,088	3,166633
84	0	175	200	375	4400	122,274	0,035	1,259466

2. Data lintasan kedua

Panjang bentangan = 500 m

Spasi = 25 m

No	C1 (m)	P1 (m)	P2 (m)	C2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	ρ (Ω .m)
1	0	25	50	75	157,1429	121,704	1,751	2,260872
2	25	50	75	100	157,1429	121,694	1,911	2,467665
3	0	50	75	125	471,4286	121,692	0,475	1,840126
4	25	75	100	150	471,4286	121,688	0,534	2,068757
5	50	75	100	125	157,1429	121,687	1,816	2,345127
6	75	100	125	150	157,1429	121,685	1,872	2,417483
7	50	100	125	175	471,4286	121,685	0,562	2,177284
8	75	125	150	200	471,4286	121,675	0,495	1,917873
9	100	125	150	175	157,1429	121,684	1,699	2,194091
10	125	150	175	200	157,1429	121,681	1,721	2,222556
11	100	150	175	225	471,4286	121,681	0,519	2,010761
12	125	175	200	250	471,4286	121,679	0,494	1,913935
13	150	175	200	225	157,1429	121,679	1,617	2,088281
14	175	200	225	250	157,1429	121,676	1,865	2,408621
15	150	200	225	275	471,4286	121,677	0,528	2,045697
16	175	225	250	300	471,4286	121,665	0,519	2,011026
17	200	225	250	275	157,1429	121,672	1,73	2,234344
18	225	250	275	300	157,1429	121,672	1,822	2,353165
19	200	250	275	325	471,4286	121,671	0,51	1,976055
20	225	275	300	350	471,4286	121,671	0,532	2,061296
21	250	275	300	325	157,1429	121,669	1,831	2,364847
22	275	300	325	350	157,1429	121,67	1,764	2,278294
23	250	300	325	375	471,4286	121,668	0,514	1,991602
24	275	325	350	400	471,4286	121,667	0,513	1,987744

25	300	325	350	375	157,1429	121,668	1,766	2,280914
26	325	350	375	400	157,1429	121,666	1,871	2,416569
27	300	350	375	425	471,4286	121,668	0,546	2,115593
28	325	375	400	450	471,4286	121,667	0,539	2,088487
29	350	375	400	425	157,1429	121,667	1,807	2,333888
30	375	400	425	450	157,1429	121,667	1,974	2,549582
31	350	400	425	475	471,4286	121,666	0,532	2,061381
32	375	425	450	500	471,4286	121,666	0,567	2,196998
33	400	425	450	475	157,1429	121,665	2,035	2,628412
34	425	450	475	500	157,1429	121,665	2,081	2,687825
35	325	400	425	500	942,8571	121,667	0,244	1,890875
36	300	375	400	475	942,8571	121,667	0,254	1,96837
37	275	375	400	500	1571,429	121,666	0,126	1,627406
38	250	350	375	475	1571,429	121,665	0,137	1,769496
39	275	350	375	450	942,8571	121,664	0,254	1,968419
40	250	325	350	425	942,8571	121,663	0,236	1,82894
41	225	325	350	450	1571,429	121,663	0,135	1,743692
42	200	300	325	425	1571,429	121,661	0,123	1,588724
43	225	300	325	400	942,8571	121,661	0,236	1,82897
44	200	275	300	375	942,8571	121,662	0,29	2,247444
45	175	275	300	400	1571,429	121,662	0,126	1,62746
46	150	250	275	375	1571,429	121,658	0,121	1,562929
47	175	250	275	350	942,8571	121,66	0,236	1,828985
48	150	225	250	325	942,8571	121,658	0,229	1,774764
49	125	225	250	350	1571,429	121,658	0,131	1,692097
50	100	200	225	325	1571,429	121,659	0,133	1,717916
51	125	200	225	300	942,8571	121,665	0,241	1,867658

52	100	175	200	275	942,8571	121,662	0,236	1,828955
53	75	175	200	300	1571,429	121,659	0,155	2,002083
54	50	150	175	275	1571,429	121,658	0,153	1,976266
55	75	150	175	250	942,8571	121,665	0,26	2,0149
56	50	125	150	225	942,8571	121,653	0,201	1,557827
57	25	125	150	250	1571,429	121,652	0,158	2,040951
58	0	100	125	225	1571,429	121,651	0,153	1,97638
59	25	100	125	200	942,8571	121,65	0,274	2,123657
60	0	75	100	175	942,8571	121,641	0,263	2,038551
61	0	125	150	275	2357,143	121,651	0,093	1,801993
62	25	150	175	300	2357,143	121,649	0,101	1,957036
63	0	150	175	325	3300	121,639	0,058	1,573508
64	25	175	200	350	3300	121,65	0,086	2,332922
65	50	175	200	325	2357,143	121,647	0,098	1,898937
66	75	200	225	350	2357,143	121,647	0,237	4,592327
67	50	200	225	375	3300	121,648	0,106	2,87551
68	75	225	250	400	3300	121,648	0,101	2,739872
69	100	225	250	375	2357,143	121,647	0,125	2,422114
70	125	250	275	400	2357,143	121,647	0,088	1,705168
71	100	250	275	425	3300	121,648	0,088	2,387216
72	125	275	300	450	3300	121,646	0,123	3,336731
73	150	275	300	425	2357,143	121,647	0,087	1,685791
74	175	300	325	450	2357,143	121,646	0,094	1,821444
75	150	300	325	475	3300	121,647	0,072	1,953192
76	175	325	350	500	3300	121,646	0,091	2,468639
77	200	325	350	475	2357,143	121,647	0,156	3,022798
78	225	350	375	500	2357,143	121,644	0,095	1,840852

79	125	300	325	500	4400	121,647	0,126	4,557449
80	100	275	300	475	4400	121,646	0,072	2,604278
81	75	250	275	450	4400	121,646	0,061	2,206402
82	50	225	250	425	4400	121,645	0,064	2,314933
83	25	200	225	400	4400	121,648	0,066	2,387216
84	0	175	200	375	4400	121,646	0,055	1,989379

3. Data lintasan ketiga

Panjang bentangan = 500 m

Spasi = 25 m

No	C1 (m)	P1 (m)	P2 (m)	C2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	ρ (Ω .m)
1	0	25	50	75	157,1429	121,698	1,867	2,410769
2	25	50	75	100	157,1429	121,694	1,966	2,538686
3	0	50	75	125	471,4286	121,691	0,602	2,332136
4	25	75	100	150	471,4286	121,848	0,477	1,845508
5	50	75	100	125	157,1429	121,686	1,586	2,048129
6	75	100	125	150	157,1429	121,671	2,323	3,000245
7	50	100	125	175	471,4286	121,677	0,678	2,626861
8	75	125	150	200	471,4286	121,674	0,535	2,072869
9	100	125	150	175	157,1429	121,67	1,791	2,313166
10	125	150	175	200	157,1429	121,668	1,46	1,885694
11	100	150	175	225	471,4286	121,669	0,45	1,743606
12	125	175	200	250	471,4286	121,668	0,61	2,363575
13	150	175	200	225	157,1429	121,667	2,558	3,303866
14	175	200	225	250	157,1429	121,666	1,793	2,315825
15	150	200	225	275	471,4286	121,666	0,523	2,026508
16	175	225	250	300	471,4286	121,661	0,539	2,08859
17	200	225	250	275	157,1429	121,661	1,733	2,238421
18	225	250	275	300	157,1429	121,662	2,305	2,977218
19	200	250	275	325	471,4286	121,66	0,612	2,37148
20	225	275	300	350	471,4286	121,66	0,563	2,181607
21	250	275	300	325	157,1429	121,661	2,039	2,633665
22	275	300	325	350	157,1429	121,66	1,767	2,282356
23	250	300	325	375	471,4286	121,66	0,535	2,073108
24	275	325	350	400	471,4286	121,661	0,592	2,293962

25	300	325	350	375	157,1429	121,66	1,989	2,569104
26	325	350	375	400	157,1429	121,659	2,009	2,594958
27	300	350	375	425	471,4286	121,657	0,443	1,716653
28	325	375	400	450	471,4286	121,659	0,553	2,142875
29	350	375	400	425	157,1429	121,657	1,98	2,557542
30	375	400	425	450	157,1429	121,658	2,02	2,609188
31	350	400	425	475	471,4286	121,658	0,575	2,228143
32	375	425	450	500	471,4286	121,66	0,565	2,189357
33	400	425	450	475	157,1429	121,714	2,068	2,669959
34	425	450	475	500	157,1429	121,661	2,046	2,642706
35	325	400	425	500	942,8571	121,659	0,273	2,11575
36	300	375	400	475	942,8571	121,66	0,22	1,704986
37	275	375	400	500	1571,429	121,658	0,154	1,989183
38	250	350	375	475	1571,429	121,658	0,154	1,989183
39	275	350	375	450	942,8571	121,658	0,265	2,053767
40	250	325	350	425	942,8571	121,658	0,279	2,162268
41	225	325	350	450	1571,429	121,657	0,168	2,170035
42	200	300	325	425	1571,429	121,657	0,153	1,976282
43	225	300	325	400	942,8571	121,656	0,235	1,821295
44	200	275	300	375	942,8571	121,657	0,309	2,394789
45	175	275	300	400	1571,429	121,656	0,185	2,389642
46	150	250	275	375	1571,429	121,656	0,254	3,280914
47	175	250	275	350	942,8571	121,654	0,282	2,18559
48	150	225	250	325	942,8571	121,654	0,266	2,061584
49	125	225	250	350	1571,429	121,651	0,161	2,07972
50	100	200	225	325	1571,429	121,653	0,132	1,705084
51	125	200	225	300	942,8571	121,653	0,232	1,798088

52	100	175	200	275	942,8571	121,653	0,413	3,200907
53	75	175	200	300	1571,429	121,652	0,146	1,885942
54	50	150	175	275	1571,429	121,652	0,129	1,666346
55	75	150	175	250	942,8571	121,652	0,248	1,92211
56	50	125	150	225	942,8571	121,652	0,279	2,162374
57	25	125	150	250	1571,429	121,652	0,142	1,834272
58	0	100	125	225	1571,429	121,654	0,148	1,911745
59	25	100	125	200	942,8571	121,657	0,268	2,077034
60	0	75	100	175	942,8571	121,657	0,254	1,968532
61	0	125	150	275	2357,143	121,657	0,085	1,646902
62	25	150	175	300	2357,143	121,657	0,076	1,472524
63	0	150	175	325	3300	121,655	0,039	1,05791
64	25	175	200	350	3300	121,655	0,033	0,895154
65	50	175	200	325	2357,143	121,656	0,072	1,395034
66	75	200	225	350	2357,143	121,656	0,067	1,298157
67	50	200	225	375	3300	121,656	0,068	1,844545
68	75	225	250	400	3300	121,608	0,068	1,845273
69	100	225	250	375	2357,143	121,655	0,136	2,635086
70	125	250	275	400	2357,143	121,652	0,088	1,705098
71	100	250	275	425	3300	121,654	0,052	1,410558
72	125	275	300	450	3300	121,656	0,088	2,387059
73	150	275	300	425	2357,143	121,653	0,1	1,937595
74	175	300	325	450	2357,143	121,654	0,092	1,782573
75	150	300	325	475	3300	121,651	0,076	2,061635
76	175	325	350	500	3300	121,649	0,078	2,115924
77	200	325	350	475	2357,143	121,654	0,103	1,995707
78	225	350	375	500	2357,143	121,653	0,052	1,00755

79	125	300	325	500	4400	121,653	0,049	1,772254
80	100	275	300	475	4400	121,653	0,057	2,061601
81	75	250	275	450	4400	121,65	0,064	2,314838
82	50	225	250	425	4400	121,649	0,054	1,95316
83	25	200	225	400	4400	121,648	0,049	1,772327
84	0	175	200	375	4400	121,65	0,068	2,459515

Lampiran 4. Data uji pendahuluan sifat-sifat fisis tanah

1. Uji kadar air sampel tanah

Sampel 1

Uraian	cawan 1C	cawan H3	cawan 1O
Massa Cawan (gram)	4,13	4,37	7,25
Massa Cawan + tanah basah (gram)	8,29	9,59	11,57
Massa cawan + tanah kering (gram)	7,32	8,37	10,58
Kadar air (%)	30,41	30,5	29,73
Kadar air rata-rata (%)	30,21		

Sampel 2

Uraian	cawan 5C	cawan 1S	cawan A7
Massa Cawan (gram)	12,41	11,26	4,24
Massa Cawan + tanah basah (gram)	15,23	15,91	7,91
Massa cawan + tanah kering (gram)	14,53	14,79	7,01
Kadar air (%)	33,03	31,73	32,49
Kadar air rata-rata (%)	32,41		

Sampel 3

Uraian	cawan S3	cawan S2	cawan S
Massa Cawan (gram)	7,12	7,6	12,46
Massa Cawan + tanah basah (gram)	10,88	11,68	17,67
Massa cawan + tanah kering (gram)	10,04	10,74	16,5
Kadar air (%)	28,77	29,94	28,96
Kadar air rata-rata (%)	29,22		

2. Uji *Specific gravity*

Sampel 1

uraian	satuan	nomor piknometer		
		1	2	3
massa piknometer (a)	gram	28,99	27,19	29,84
massa piknometer + akuades (b)	gram	79,26	76,77	79,78
massa piknometer + sampel kering (c)	gram	44,05	42,15	44,73
massa piknometer + sampel + akuades (d)	gram	87,44	85,48	88,41
t1 = temperatur b	°C	28	28	28
t2 = temperatur (d)	°C	28	28	28
T1 = faktor koreksi pada t1		0,9992	0,9992	0,9992
T2 = faktor koreksi pada t2		0,9992	0,9992	0,9992
$G_s = (c-a)/((b-a)T1 - (d-c)T2)$		2,190	2,395	2,380
Gs rata-rata		2,322		

Sampel 2

uraian	satuan	nomor piknometer		
		1	2	3
massa piknometer (a)	gram	27,08	25,78	29,56
massa piknometer + akuades (b)	gram	77,03	76,02	79,61
massa piknometer + sampel kering (c)	gram	42,05	40,91	44,62
massa piknometer + sampel + akuades (d)	gram	85,52	84,53	88,08
t1 = temperatur b	°C	28	28	28
t2 = temperatur (d)	°C	28	28	28
T1 = faktor koreksi pada t1		0,9992	0,9992	0,9992
T2 = faktor koreksi pada t2		0,9992	0,9992	0,9992
$G_s = (c-a)/((b-a)T1 - (d-c)T2)$		2,312	2,287	2,287
Gs rata-rata		2,295		

Sampel 3

uraian	satuan	nomor piknometer		
		1	2	3
massa piknometer (a)	gram	25,84	27,64	26,71
massa piknometer + akuades (b)	gram	75,71	77,63	76,63
massa piknometer + sampel kering (c)	gram	40,96	42,72	41,88
massa piknometer + sampel + akuades (d)	gram	84,28	86,25	85,05
t1 = temperatur b	°C	28	28	28
t2 = temperatur (d)	°C	28	28	28
T1 = faktor koreksi pada t1		0,9992	0,9992	0,9992
T2 = faktor koreksi pada t2		0,9992	0,9992	0,9992
$G_s = (c-a)/((b-a)T1 - (d-c)T2)$		2,310	2,336	2,249
Gs rata-rata		2,298		

3. Uji Bulk Density

Sampel 1

Uraian	Satuan	Nomor Sampel		
		1	2	3
Massa Cawan (W1)	gram	42,92	42,92	42,92
Massa Cawan + Tanah Asli (W2)	gram	48,20	47,14	47,28
Massa Cawan + Air Raksa Tumpah (W3)	gram	80,54	75,41	75,33
Volume Air Raksa Tumpah (V)	cm ³	2,77	2,39	2,38
Massa jenis Tanah (γ_b)	gram/cm ³	1,91	1,77	1,83
Rata-rata Massa jenis Tanah (γ_b)	gram/cm ³	1,83		

Sampel 2

Uraian	Satuan	Nomor Sampel		
		1	2	3
Massa Cawan (W1)	gram	42,91	42,91	42,91
Massa Cawan + Tanah Asli (W2)	gram	47,75	46,72	45,85
Massa Cawan + Air Raksa Tumpah (W3)	gram	81,05	72,60	66,42
Volume Air Raksa Tumpah (V)	cm ³	2,80	2,18	1,73
Massa jenis Tanah (γ_b)	gram/cm ³	1,73	1,75	1,70
Rata-rata Massa jenis Tanah (γ_b)	gram/cm ³	1,72		

Sampel 3

Uraian	Satuan	Nomor Sampel		
		1	2	3
Massa Cawan (W1)	gram	42,91	42,91	42,91
Massa Cawan + Tanah Asli (W2)	gram	47,04	48,23	46,72
Massa Cawan + Air Raksa Tumpah (W3)	gram	76,57	83,93	71,58
Volume Air Raksa Tumpah (V)	cm ³	2,48	3,02	2,11
Massa jenis Tanah (γ_b)	gram/cm ³	1,67	1,76	1,81
Rata-rata Massa jenis Tanah (γ_b)	gram/cm ³	1,75		

Lampiran 5. Data uji inti sifat-sifat fisis tanah

1. Uji analisis butiran

Sampel 1

Analisis saringan			analisis hidrometer	
No. saringan	saringan (gr)	saringan + tanah (gr)	waktu (m)	RA
4	519,05	519,05	1	20
8	428,74	428,74	2	12
16	445,89	445,9	5	8
20	397,35	397,39	15	6
40	366,58	369,65	30	5
80	357,02	366,02	60	5
100	348,74	350,91	1440	1
120	333,75	334,93		
200	269,31	271,16		
pan	241,64	247,04		

Sampel 2

Analisis saringan			Analisis hidrometer	
No. saringan	saringan (gr)	saringan + tanah (gr)	waktu (m)	RA
4	519,05	519,05	1	35
8	428,69	428,69	2	25
16	445,72	445,8	5	16
20	397,18	397,26	15	12
40	366,89	366,94	30	8
80	357,05	359,61	60	7
100	348,73	349,59	1440	1
120	333,8	334,36		
200	269,34	270,42		
pan	241,62	243,29		

Sampel 3

Analisis saringan			Analisis saringan	
No. saringan	saringan (gr)	saringan + tanah (gr)	waktu (m)	RA
4	519,05	519,08	1	36
8	428,68	428,77	2	26
16	445,69	446,07	5	15
20	397,17	397,24	15	10
40	366,68	366,68	30	6
80	357,07	359,22	60	5
100	348,42	349,31	1440	-3
120	333,77	334,35		
200	269,29	270,62		
pan	241,59	243,6		

2. Uji batas-batas Atterberg

Sampel 1

Batas cair

Uraian	Jumlah Ketukan: 35			Jumlah Ketukan: 31		
	No. cawan: 3A	No. cawan: 1N	No. cawan: 5c	No. cawan: 1A	No. cawan: 1B	No. cawan: 2c
Massa Cawan (gram)	4,18	4,89	5,4	4,38	4,33	4,33
Massa Cawan + tanah basah (gram)	17,31	14,14	15,14	12,94	12,32	10,94
Massa cawan + tanah kering (gram)	12,15	10,5	11,29	9,55	9,12	8,31
Kadar air (%)	64,742	64,884	65,365	65,570	66,805	66,080
Kadar air rata-rata (%)	64,997			66,152		

Uraian	Jumlah Ketukan: 22			Jumlah Ketukan: 17		
	No. cawan: E2	No. cawan: 4A	No. cawan: F2	No. cawan: 3B	No. cawan: 3C	No. cawan: 1M
Massa Cawan (gram)	4,14	5,03	4,36	4,39	4,39	4,97
Massa Cawan + tanah basah (gram)	11,73	11,01	12,91	13,28	11,74	14,61

Massa cawan + tanah kering (gram)	8,59	8,48	9,35	9,64	8,67	10,62
Kadar air (%)	70,561	73,333	71,342	69,333	71,728	70,619
Kadar air rata-rata (%)	71,745			70,56		

Batas plastis

Uraian	Sampel tanah		
	No. cawan: K3	No. cawan: C1	No. cawan: 2C
Massa Cawan (gram)	4,31	4,3	4,22
Massa Cawan + tanah basah (gram)	4,87	4,66	4,83
Massa cawan + tanah kering (gram)	4,76	4,58	4,69
Batas Plastis (%)	24,444	28,571	29,787
Batas Plastis rata-rata (%)	27,601		

Sampel 2

Batas cair

Uraian	Jumlah Ketukan: 24			Jumlah Ketukan: 17		
	No. cawan: A4	No. cawan: 5A	No. cawan: 5c	No. cawan: 4C	No. cawan: A2	No. cawan: A7
Massa Cawan (gram)	4,32	4,3	4,39	4,3	4,24	4,23
Massa Cawan + tanah basah (gram)	16,09	12,01	15,77	18,54	12,35	12,81
Massa cawan + tanah kering (gram)	11,24	8,86	11,05	12,58	8,95	9,22
Kadar air (%)	70,086	69,078	70,870	71,980	72,186	71,943
Kadar air rata-rata (%)	70,012			72,037		

Uraian	Jumlah Ketukan: 37			Jumlah Ketukan: 34		
	No. cawan: A3	No. cawan: 3C	No. cawan: 4B	No. cawan: 19C	No. cawan: B3	No. cawan: 1C
Massa Cawan (gram)	4,38	4,31	4,42	4,07	4,48	4,11
Massa Cawan + tanah basah (gram)	14,38	13,21	14,05	14,84	14,11	14,2
Massa cawan + tanah kering (gram)	10,45	9,67	10,23	10,52	10,25	10,15

Kadar air (%)	64,744	66,044	65,748	66,976	66,897	67,052
Kadar air rata-rata (%)	65,512			66,975		

Batas plastis

Uraian	Sampel tanah		
	No. cawan: H1	No. cawan: H3	No. cawan: S3
Massa Cawan (gram)	4,37	4,37	4,37
Massa Cawan + tanah basah (gram)	4,98	5,49	5,55
Massa cawan + tanah kering (gram)	4,86	5,22	5,3
Batas Plastis (%)	24,489	31,764	26,881
Batas Plastis rata-rata (%)	27,712		

Sampel 3

Batas cair

Uraian	Jumlah Ketukan: 29			Jumlah Ketukan: 33		
	No. cawan: 3C	No. cawan: E2	No. cawan: 3B	No. cawan: 94	No. cawan: 1A	No. cawan: 1B
Massa Cawan (gram)	5,03	4,15	4,38	4,37	4,37	4,35
Massa Cawan + tanah basah (gram)	16,11	15,01	18,62	12,8	13,83	14,41
Massa cawan + tanah kering (gram)	11,6	10,56	12,8	9,45	10,04	10,35
Kadar air (%)	68,645	69,422	69,121	65,944	66,843	67,667
Kadar air rata-rata (%)	69,063			66,818		

Uraian	Jumlah Ketukan: 24			Jumlah Ketukan: 21		
	No. cawan: 2C	No. cawan: 1N	No. cawan: 3A	No. cawan: BC	No. cawan: 1B	No. cawan: 1M
Massa Cawan (gram)	4,35	4,88	4,17	5,41	4,36	4,98
Massa Cawan + tanah basah (gram)	12,76	11,54	14,1	15,2	12,15	13,03
Massa cawan + tanah kering (gram)	9,32	8,78	10,07	11,03	8,79	9,59
Kadar air (%)	69,215	70,769	68,305	74,199	75,846	74,62
Kadar air rata-rata (%)	69,429			74,888		

Batas plastis

Uraian	Sampel tanah		
	No. cawan: H1	No. cawan: S3	No. cawan: 5C
Massa Cawan (gram)	4,35	4,38	4,4
Massa Cawan + tanah basah (gram)	5,1	4,9	5,21
Massa cawan + tanah kering (gram)	4,92	4,76	4,99
Batas Plastis (%)	31,578	36,842	37,288
Batas Plastis rata-rata (%)	35,236		

Lampiran 6. Instrumentasi Alat Pengukuran Geolistrik

Resistivitymeter OYO Model 2119C McOHM-EL

Resistivitymeter Model 2119C McOHM-EL merupakan instrumentasi yang sangat praktis (*portable*), karena bentuk dan ukurannya yang cukup ringkas untuk digunakan dalam survei geolistrik. Selain itu keluaran alat ini dalam bentuk digital, bahkan terdapat printer yang dapat langsung mencetak data hasil pengukuran, sehingga sangat memudahkan untuk membaca hasilnya.

Model 2119C McOHM-EL ini memiliki sarana penumpukan (*stack*) yang berfungsi untuk memperoleh data yang efektif. Proses *stacking* ini digunakan untuk menghilangkan *noise* yang muncul. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur resistivitas dan potensial diri suatu medium. Untuk pengukuran resistivitas, efek potensial diri dihilangkan secara langsung. Akurasi pengukuran yang diperoleh juga baik karena impedansi masukan yang tinggi ($10\text{ M}\Omega$) dan alat ini juga mengkalibrasi secara otomatis sebelum melakukan pengukuran.

Alat ini juga dilengkapi dengan media penyimpanan (*memory*) data lapangan hingga mencapai 4000 titik data. Data-data tersebut tidak hanya dapat ditampilkan pada LCD, tetapi dapat pula langsung disimpan ke dalam disket, serta dicetak pada printer

Spesifikasi Alat

a. Pemancar Arus (*Transmitter*)

1. Tegangan Keluaran : 400 V Maksimum
2. Arus Keluaran : 2, 20, 60, 120 mA (Arus Tetap)
3. Tegangan Pemakaian : 12 V DC

b. Penerima (*Receiver*)

1. Impedansi Masukan : $10\text{ }\Omega\text{m}$
2. Potensial Pengukuran : $-5 \sim +5\text{ V}$ (*Single Range*)
3. Resolusi : $1\text{ }\mu\text{V}$
4. Perlakuan *Stack* : 1, 4, 16
5. Waktu 1x Pengukuran : ± 6 detik

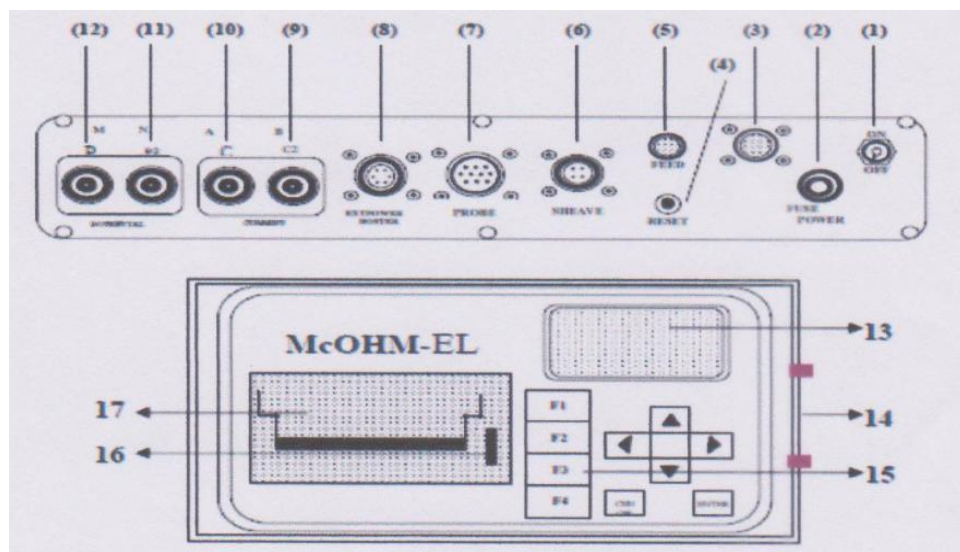
c. Memori Data

1. Jumlah File Maksimum : 98 kB
2. Jumlah Data Maksimum : 4000
3. Catu Daya : 12 V DC (Baterai Luar 12 V)
4. Jangkauan Suhu : 0-45 °C
5. Printer : Lebar kertas 110 mm, lebar *printout* 104 mm, resolusi 8 dots/mm
6. Ukuran : (340x270x200) mm
7. Berat : ± 8 kg

d. Peralatan Tambahan

1. Kabel penghubung baterai daya eksternal
2. Buku operasi manual *resistivity* OYO

e. Bagian-bagian Alat



Keterangan Gambar :

1. Power (Daya)

Tombol saklar hidup/mati.

2. Fuse (Sekring)

Tempat sekring 7A untuk menjaga adanya arus yang berlebihan.

3. Daya DC-12V

Saluran yang dihubungkan dengan Accu

4. Tombol Reset

Tombol untuk membawa sistem pada status awal yang baru

5. Feed

Saluran untuk print

6. Sheave

Saluran untuk input informasi kedalaman

7. Probe

Saluran untuk menghitung probe ang bervariasi

8. Power Booster

Saluran untuk menambah kapasitas arus

9. C1

Saluran penghubung ke elektroda arus 1

10. C2

Saluran penghubung ke elektroda arus 2

11. P1

Saluran penghubung ke elektroda potensial 1

12. P2

Saluran penghubung ke elektroda potensial 2

13. Papan LCD

Penampilan prosedur pengukuran dan data pengukuran

14. FDD

Tempat floppy disk drive 1.44 MB

15. Keypad

Tombol operasi dan setting

16. Printer

Tempat keluar/mengisi kertas print

17. Tutup

Sebagai penahan pada tempat Printer

Lampiran 7. Dokumentasi Pengambilan data

1. Proses Akuisis Data Geolistrik





2. Proses Pengujian sifat-sifat fisis sampel tanah



